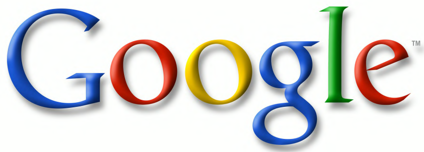
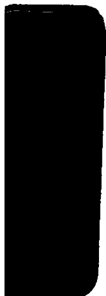
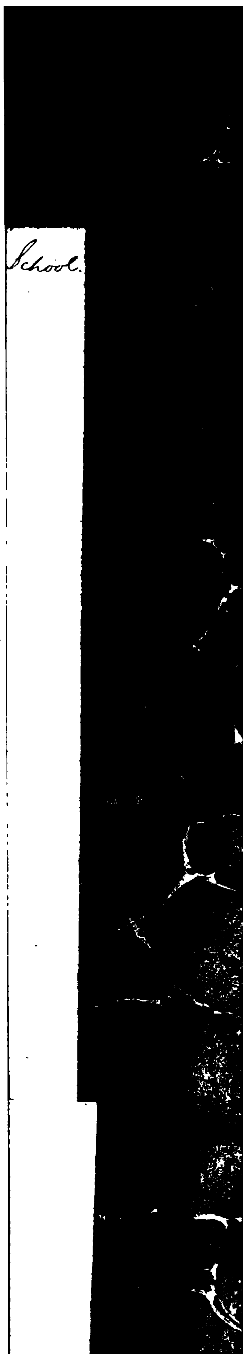
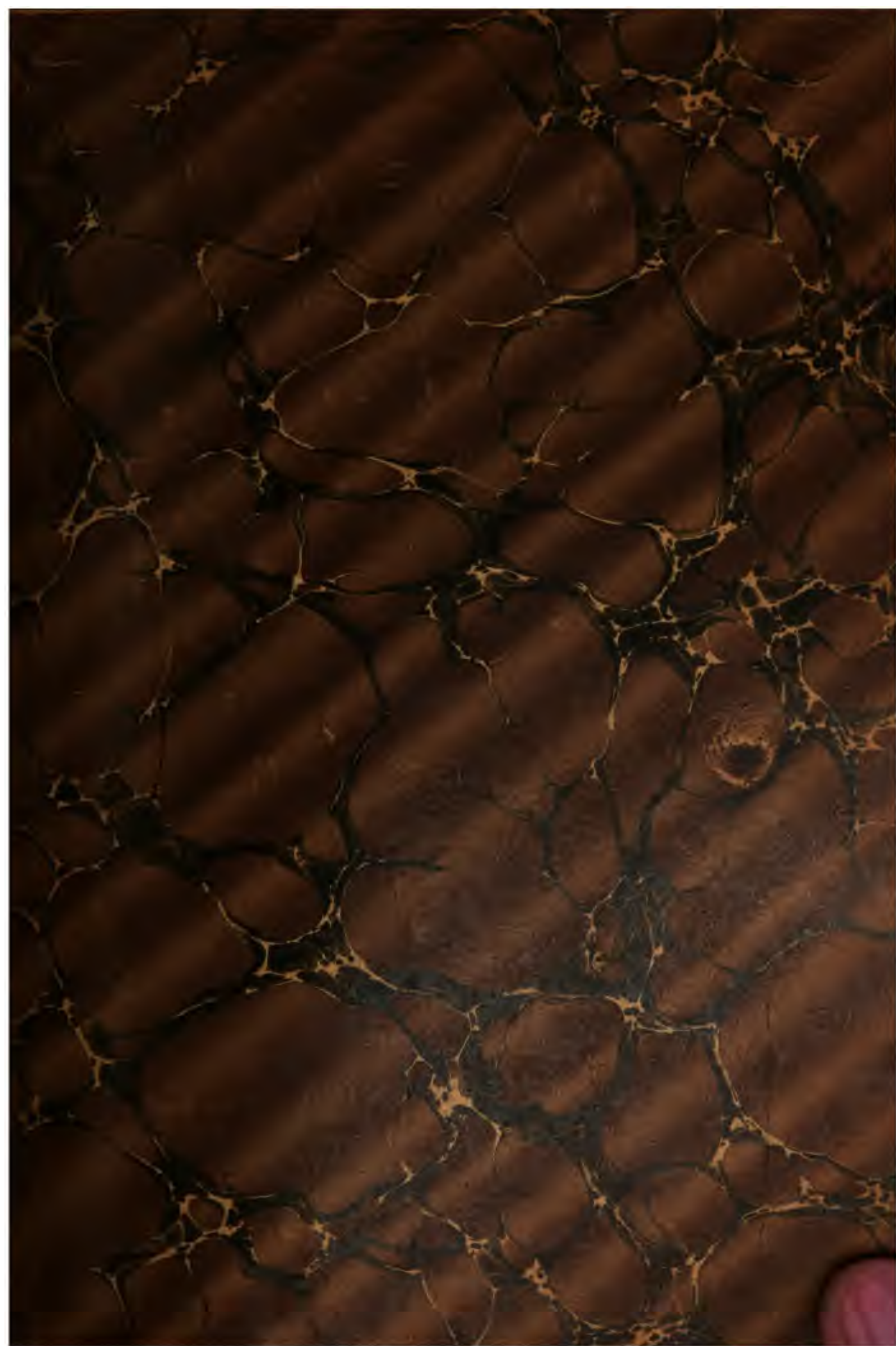





School.





LA

TRACTION ÉLECTRIQUE

L'Editeur de la Bibliothèque Electrotechnique déclare que M. Boistel a cessé de collaborer à cette Collection à partir du IXe volume.

Ce changement n'entraînera aucune modification dans la ligne de conduite adoptée pour la publication de cette Collection, qui restera aussi C. G. S. après que devant.

J. F.

BIBLIOTHÈQUE ÉLECTROTECHNIQUE (N° 11)

LA TRACTION ÉLECTRIQUE

PAR

C. TAINTURIER
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Ingénieur de la Cie des tramways électriques de Paris-Romainville.

Tramways, chemins de fer et petites voitures.
Etude d'une ligne.
Usines génératrices. — Matériel roulant.
Lois et règlements.

103 FIGURES DANS LE TEXTE

PARIS
LIBRAIRIE INDUSTRIELLE
J. FRITSCH, ÉDITEUR
30, RUE DU DRAGON

1897

PRÉFACE.

L'industrie électrique à pris dans ces dernières années un développement considérable : l'éclairage électrique est actuellement employé partout, jusque dans les plus petits villages.

L'application de l'électricité à la traction est venue lui donner un nouvel essor et l'on voit maintenant de nombreux systèmes de traction électrique se créer et se développer. Rien de plus séduisant que ce mode de traction qui présente des avantages incontestables sur tous les autres ; avec lui on a des voitures propres, élégantes, rapides et d'où ne se dégage aucune odeur et sans danger. A ces qualités se joignent des conditions d'économie que ne peuvent atteindre les autres systèmes de traction.

Nous avons donc cru que le moment était venu de publier un ouvrage donnant les premières notions de traction électrique, et décrivant les principaux systèmes employés actuellement.

Dans ce volume nous nous sommes attachés autant que possible à donner des renseignements pratiques sans entrer dans les détails de la théorie, et à décrire les tramways

existants en France et que tous nos lecteurs pourront voir facilement sans grand dérangements ; nous n'avons pas voulu décrire des installations, ou donner des résultats d'exploitation de tramways étrangers, surtout de tramways américains, car nous ne pouvions contrôler l'exactitude des données fournies, et d'un autre côté, on a écrit sur ce sujet beaucoup de choses plus ou moins fantaisistes.

En résumé, nous avons cherché à faire un livre aussi clair et aussi exact que possible et nous serons heureux s'il peut rendre quelques services à nos lecteurs et aider aussi au développement de l'industrie électrique à laquelle nous nous consacrons entièrement depuis de longues années.

C. T.

INTRODUCTION

Il n'y a actuellement en France que peu ou pas d'ouvrages traitant dans son ensemble de la traction électrique : les personnes qui veulent étudier ce mode de traction sont obligées de chercher des documents un peu de tous côtés ; c'est cette lacune que nous voulons essayer de combler, en condensant dans ce volume d'une façon aussi succinte que possible les connaissances indispensables pour se livrer à l'étude de ce mode de locomotion ; nous y ajouterons une description des principaux systèmes connus actuellement. Pour le moment, l'énergie électrique étant appliquée presque exclusivement à la traction des tramways, c'est à la description de ces derniers que nous nous livrerons tout particulièrement.

Les tramways électriques peuvent se diviser en deux grandes catégories :

1° Les tramways dont les moteurs sont alimentés par une source d'électricité extérieure à la voiture.

2° Les tramways dont les moteurs sont alimentés par

une source d'électricité portée par les voitures, ces dernières étant indépendantes de l'usine.

La première catégorie comporte tous les tramways qui, au moyen d'un dispositif quelconque, prennent le courant d'une usine génératrice sur un conducteur suivant la ligne dans toute sa longueur. Cette catégorie peut se subdiviser elle-même en trois divisions, suivant que ce conducteur est au-dessus du sol, dans le sol, ou au niveau du sol.

La dernière catégorie ne comporte guère que les tramways à accumulateurs ; ces appareils étant chargés à l'usine, sont placés sur la voiture, aux moteurs de laquelle ils restituent l'énergie qu'ils avaient emmagasinée.

Nous commencerons par parler de la première catégorie qui est certainement la plus répandue ; pour cela nous supposerons que l'on ait à faire l'étude d'une ligne de ce genre, et nous en calculerons tous les éléments.

LA

TRACTION ÉLECTRIQUE

PREMIÈRE PARTIE

Etude d'une ligne de tramways électriques à moteurs alimentés par une source d'électricité extérieure à la voiture.

TRACÉ

La première chose dans l'étude d'une ligne de tramways c'est de bien connaître le tracé qu'elle doit suivre : si ce tracé n'est pas donné d'une façon absolue, il faut le déterminer de sorte à n'avoir pas de trop fortes rampes ; autant que possible, ces dernières ne doivent pas dépasser 60 millimètres par mètre, à la rigueur on peut aller jusqu'à la rampe de 100 millimètres, mais dans des cas exceptionnels, et encore faudrait-il prendre des précautions particulières dans le cas de verglas et lorsque les conditions d'adhérence seraient mau-

vaises, par les temps de brouillard par exemple : les courbes doivent être du plus grand rayon possible, le rayon minimum est fixé pour l'écartement des essieuxdes voitures ; mais en général on ne doit pas descendre au-dessous de 25 à 30 mètres.

Fig. 1. — Plan de traverses

Une fois le tracé déterminé sur le terrain, on relève le plan exact de toutes les voies suivies ; ce plan nommé *plan de traverses*, se fait généralement à l'échelle de 5 millimètres par mètre ; il doit être aussi complet que possible, on y indique les largeurs des rues, celle des trottoirs, les limites des propriétés, les noms des propriétaires et tous les accidents rencontrés, tels que voies de tramways ou de chemins de fer déjà existants, ponts, viaducs, bouches d'égoûts, etc.

Une fois ce plan établi, on y trace la voie, en indiquant les positions des rails et l'encombrement du matériel, toutes les courbes y sont indiquées avec leurs centres et leurs rayons. La figure 1 donne un

exemple de plan de traverses, sur ce plan, tous les

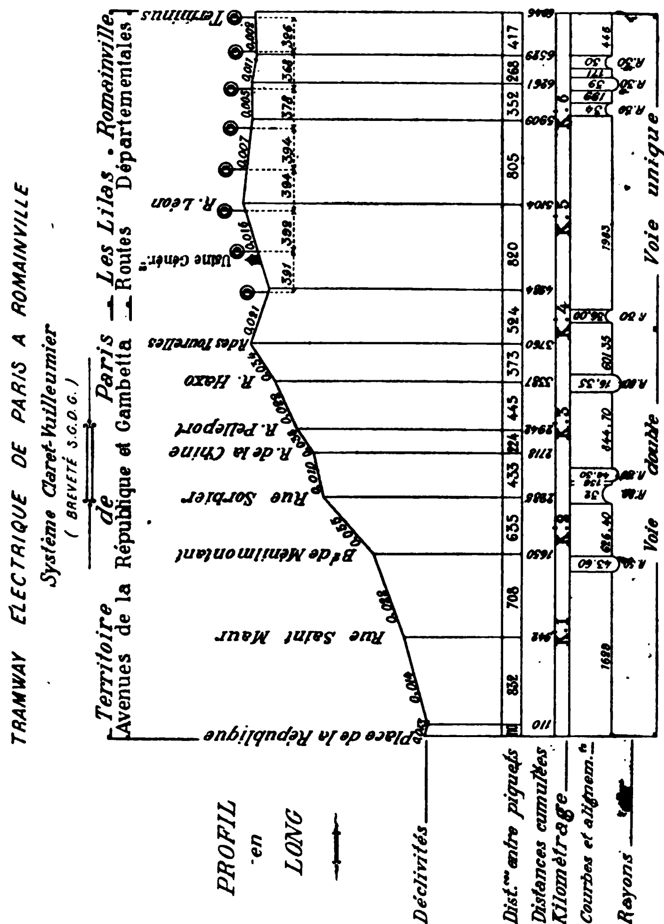


Fig. 2. — Exemple de profil en long.

hectomètres sont marqués [à partir de l'origine de la voie.

Pour établir le plan de traverses on peut se servir du cadastre ou de tout autre plan que l'on trouve établi ; mais il est toujours prudent de les vérifier et de ne les consulter que pour dessiner le premier canevas. Le procédé le plus sûr et le plus rapide est d'établir d'abord une triangulation générale de la ligne , puis de tracer les profils en travers aussi rapprochés que cela est nécessaire pour avoir tous les points intéressants. On procède ensuite au nivellement de la ligne de façon à établir le profil en long qui doit être relevé avec beaucoup de soins, car c'est d'après lui qu'on établira tous les calculs nécessaires pour déterminer la puissance qui sera absorbée par les voitures. Ce profil se fait généralement à l'échelle de 0 m. 0002 par mètre, pour les longueurs, et de 0 m. 001 par mètre pour les hauteurs. Sur ce plan on indiquera la pente ou la rampe par mètre; la longueur de ces pentes ou rampes, la distance de leurs extrémités à l'origine de la ligne, la position des courbes et leurs rayons, la position des croisements, leurs distances, les territoires empruntés, etc.

La figure 2 donne un exemple de profil en long.

Lorsqu'il s'agit d'une demande en concession. on doit se conformer aux prescriptions du décret du 18 mars 1881, d'après lequel il doit être remis en même temps que la demande, un dossier, comportant les documents suivants :

1° Un extrait de cartes à l'échelle de $\frac{1}{80000}$

2° Un plan général des voies publiques empruntées à l'échelle $\frac{1}{10000}$.

3° Plan des traverses de la ligne à l'échelle de 5 millimètres par mètre.

4° Profil en long.

5° Profils en travers indiquant l'encombrement du matériel à l'échelle de 0 m. 02 par mètre.

6° Mémoire descriptif.



Fig. 3. — Exemple du plan à un dix-millième

La figure 3 donne un exemple du plan à $\frac{1}{10000}$ et la figure 4 un exemple de profil en travers.

Le mémoire descriptif dont nous donnons un modèle à la fin de ce volume doit indiquer le but et l'intérêt de la ligne qu'on a l'intention d'établir ; il doit comprendre :

1° Une description du tracé contenant : l'indication

des voies publiques suivies, et la longueur de ces voies empruntées, ainsi que les régions desservies (communes, arrondissements, etc... Les lignes d'omnibus, tramways, chemins de fer, etc.), rencontrées et l'indication de leurs points de rencontre.

2° Les dispositions particulières de la ligne ; parties en simple ou en double voie ; indication des garages, leurs distances de l'origine et les distances de l'un à l'autre, largeur de la voie, position des stations, plaques tournantes, etc., tableau donnant dans une première colonne, la désignation et les points extrêmes des alignements droits et des courbes de raccordement, dans une deuxième colonne la longueur des alignements et des courbes, puis les angles des alignements adjacents, le rayon des courbes et les longueurs des tangentes, un autre tableau indique les points extrêmes des déclivités, les longueurs des pentes, les pentes par mètre et l'abaissement pour la longueur de la pente, les longueurs des rampes, les rampes par mètre et l'élévation correspondant à la rampe;

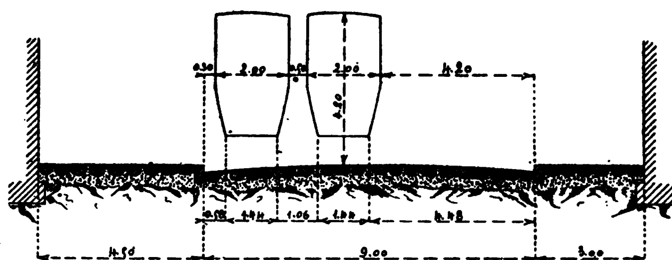


Fig. 4. — Profil en travers.

3° Le mode d'exploitation, indiquant la vitesse

maxima des voitures, le nombre de départs par jour, les points de ralentissement, etc.

4° L'évaluation sommaire des dépenses, pour l'installation totale de la ligne, y compris le matériel et les bâtiments de l'usine.

5° Une indication du tarif et des recettes probables avec le tarif qu'on se propose d'adopter.

Ce dossier, ainsi que l'on peut facilement s'en rendre compte, ne contient aucune description du matériel fixe ou roulant, il ne donne que des documents intéressant la voie publique et ce sont de ses extraits qui sont déposés dans les mairies des communes intéressées, pour être soumis aux enquêtes.

Toutes les formalités à remplir pour une demande en concession sont indiquées et réglementées par le décret du 18 mai 1881, dont on trouve un extrait à la fin de ce volume.

Avec l'étude préliminaire que l'on a faite de la ligne il est facile d'établir le dossier indiqué plus haut, sauf cependant, une partie du mémoire descriptif, celle donnant l'évaluation des dépenses pour l'installation de la ligne, cette évaluation ne pouvant se faire qu'une fois que l'on est fixé sur l'importance et sur le type du matériel à employer. Nous allons donc examiner successivement les différentes parties de ce matériel.

VOIE

Les systèmes de voies que l'on emploie pour les tramways électriques sont les mêmes que ceux adoptés pour tous les autres tramways ; ce sont des voies

placées sur longrines, sur traverses en bois, sur traverses en fer, ou posées directement sur le sable du sol ou sur une aire de béton ; les plus usitées sont celles construites avec les rails Marsillon, Broca, Phœnix, Vignole à double champignon, etc.

Voie Marsillon. — La voie Marsillon est formée par un rail et un contre-rail fixés au moyen de coussinets sur des traverses, l'écartement du rail et du contre-rail est maintenu au moyen de cales placées au droit des boulons servant à l'assemblage de l'ensemble.

La figure 5 représente la coupe d'une voie Marsillon : on voit que le rail et le contre-rail ont le même profil, la hauteur du coussinet est variable avec la hauteur des pavés employés dans la chaussée, elle varie de 100 à 175 millimètres.

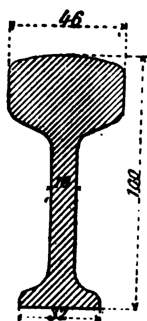


Fig. 5. — Rail Marsillon.

Pour un rail pesant 17 kil. 500 au mètre courant, les dimensions du rail sont les suivantes :

Hauteur 110 millimètres, largeur 46 millimètres, largeur du patin 35 millimètres, épaisseur de l'âme 10 millimètres.

Les rails se font généralement par longueur de 8 à 10 mètres ; les traverses sont espacées de 0 m. 80 à 1 mètre dans les alignements droits ; dans les espaces où la voie est fatiguée, comme dans les courbes, on les rapproche à 0 m. 50. Pour une voie de 1 m. 44 d'écartement on emploie des traverses en chêne de 2 mètres de longueur et ayant 0 m. 16 sur 0 m. 12 d'équarissage ;

le poids de ces traverses est d'environ 35 kilogrammes. Cette voie qui présente de grands avantages est très employée actuellement pour les tramways urbains, l'indépendance du rail et du contre-rail permet,en modifiant les épaisseurs des cales, d'augmenter les dimensions de l'ornière dans les courbes de petit rayon, ce qui diminue beaucoup l'effort de traction en ces points. La largeur réglementaire de l'ornière est au maximum de 0 m. 029 dans les parties droites et de 0 m. 035 dans les courbes. La disposition de la voie Marsillon permet également d'incliner le rail de façon à ce que sa surface soit parallèle à la surface de roulement des véhicules, dont le bandage présente une surface coniqne.

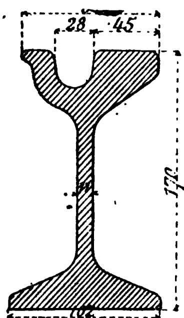


Fig. 6. — Rail Broca.

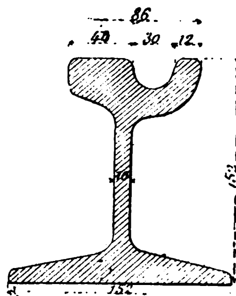


Fig. 7. — Rail Phœnix.

Voie Broca. — La voie Broca qui est aussi très employée actuellement est formée par des rails à gorge d'un profil spécial indiqué par la figure 6, ce rail se pose directement sur une couche de beton ou simplement de sable, et l'écartement est maintenu par des entretoises en fer plat, boulonnées à chacun des rails ; leur écartement varie de 2 à 3 mètres suivant les types

de rails. Les rails sont assemblés entre eux au moyen d'éclisses en fer appropriées au profil du rail. Le modèle de rail Broca le plus usité est celui de 44 kilogrammes le mètre, sa hauteur est de 170 mill. et sa largeur, au sommet, est de 92 mill., l'âme a 11 millim. d'épaisseur et un patin de 102 mill. de largeur.

Voie Phœnix. — La voie Phœnix a beaucoup d'analogie avec la précédente ; le profil du rail en est seulement un peu différent surtout par la largeur du patin qui est beaucoup plus grande, ainsi que le montre la figure 7, ce qui permet de le placer sur un sol relativement peu résistant. Les dimensions principales d'un rail Phœnix pesant 30 kilogrammes au mètre courant sont les suivantes : hauteur 152 mill., largeur de patin 152, largeur au sommet 86, épaisseur de l'âme 10 mill.

Cette voie est surtout employée en Belgique et en Allemagne.

Voie Vignole. — Lorsqu'une ligne de tramways est placée en accotement sur une route, et que son emplacement est inaccessible aux voitures, il n'est plus utile d'adopter une voie composée soit d'un rail et contre-rail, soit d'un rail à gorge ; on peut employer simplement les voies de chemins de fer et en particulier la voie avec rails Vignole.

Le rail Vignole représenté par la figure 8 se pose sur traverses au moyen de tirefonds dont les têtes viennent appuyer sur les bords du patin. Pour un rail de 36 kilogrammes au mètre, les dimensions principales sont : hauteur 130 mill., largeur du champignon 60 mill.,

largeur du patin 100 mill. Très souvent un rail de 15 à 20 kilogr. est suffisant pour des voies de tramways.

Dans les traversées de routes et dans toutes les parties où des voitures doivent traverser la voie, on place à côté du rail Vignole, un second rail du même type formant contre-rail.

Voie avec rails à double champignon. — Cette voie est peu usitée actuellement,elle se monte sur traverses et les rails sont maintenus au moyen de coussinets ; la figure 9 représente un type de cette voie ; un rail pesant 30 kilogrammes au mètre a 118 millimètres de hauteur, 60 millimètres de largeur au champignon ; et une âme de 15 millimètres d'épaisseur.

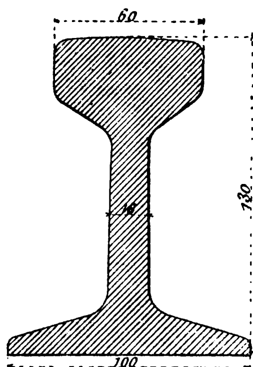


Fig. 8. — Rail Vignole.

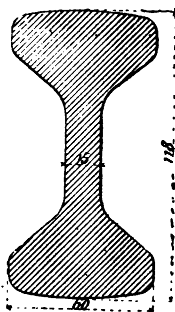


Fig. 9. — Rail à double champignon.

Les voies que nous venons d'indiquer sont celles qui sont le plus employées en France ; il existe encore actuellement, quelques lignes de tramways ayant des

rails posés sur longrines et dont le profil est indiqué par la figure 10.

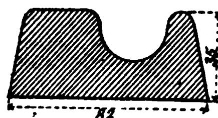


Fig. 10.— Rail sur longrines.

A l'étranger, beaucoup d'autres systèmes sont employés ; nous allons les décrire sommairement.

La figure 11 représente un type de rail employé à Buffalo : ce rail pèse 47 kilogrammes le mètre et se place sur traverses. Sa hauteur est de 225 millimètres, sa largeur, au sommet, est de 85 millimètres et sa largeur au patin de 152 millimètres ; l'ornière est plus large que celle admise en France, elle est de 35 millimètres.

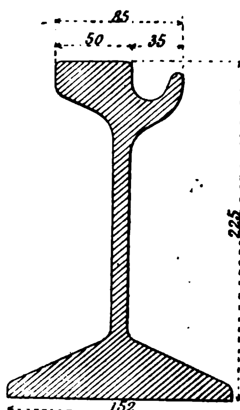


Fig. 11. — Rail de Buffalo.

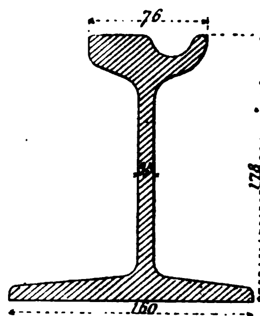


Fig. 12. — Rail Gowans.

Le rail Gowans. — Du même type que le rail Broca, représenté sur la figure 12 est un rail à gorge dont le patin est dyssimétrique ; il est plus allongé du côté de la table de roulement que de l'autre côté.

Un type de rail très employé en Amérique est repré-

senté par la figure 13, ce rail pèse 47 kilogrammes le mètre ; il est à remarquer qu'il ne présente pas d'ornière, le boudin de la roue passe simplement dans l'intervalle compris entre la table de roulement et le pavage.

De ce qui précède on peut conclure que toutes les voies employées actuellement soit pour les tramways, soit pour les chemins de fer peuvent être appliquées à la traction électrique.

Quand on veut choisir un type de voie, il faut non seulement tenir compte du poids et de la vitesse des véhicules qui doivent y circuler, mais encore du nombre des voitures étrangères qui peuvent passer dessus ; c'est ainsi qu'à Paris, les cahiers des charges imposent généralement un rail pesant au moins 40 kilogrammes le mètre courant ; en outre, la voie doit être posée sur une aire en beton et toute sa surface, jusqu'à 70 centimètres en dehors des rails extérieurs doit être pavée ; dans certains cas cependant, les voies peuvent être asphaltées.

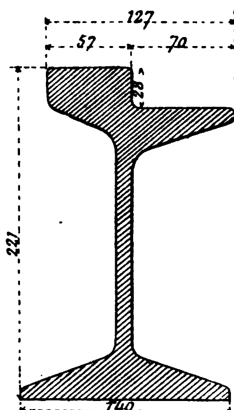


Fig. 13.— Rail américain.

Le pavage peut être fait soit avec pavés en grés, soit avec pavés en bois. Dans ce dernier cas il y a lieu de prendre des précautions spéciales, car le pavé en bois a l'inconvénient de gonfler considérablement avec l'humidité, et il n'est pas rare de voir les entretoises réunissant les rails, se rompre sous l'effort de dilatation

du pavé, d'où résulte un écartement anormal de la voie. Pour l'éviter, il est bon de pratiquer une saignée de 1 ou 2 centimètres dans les pavés le long des rails ainsi que cela se fait le long des bordures de trottoirs.

Eclissages. — Dans les voies de tramways électriques alimentées par une source d'électricité extérieure à la voiture, les rails servent généralement de retour au courant et la conductibilité de ce retour doit être assurée d'une façon aussi parfaite que possible, de façon à éviter les effets d'électrolyse qui pourraient se produire sur les canalisations métalliques voisines (eau, gaz, air comprimé, etc.), effets qui ont été beaucoup exagérés et sur lesquels nous reviendrons plus loin, dans un chapitre spécial. Quoiqu'il en soit, ils existent et il faut établir les voies de façon à les annuler ou tout au moins à les atténuer dans la mesure du possible, le meilleur moyen est de donner une section suffisante au conductenr en contact avec la terre et de lui assurer une conductance aussi grande que possible. La partie principale de ce conducteur étant généralement formée par les rails, on doit les réunir entre eux d'une façon parfaite au point de vue électrique. Ils sont déjà assemblés par des éclisses en fer ; mais il ne faut guère compter sur ces dernières pour assurer une bonne conductibilité, car, maintenues simplement contre le ou les rails par des boulons, les surfaces de contact sont relativement faibles ; en outre, à la longue il se forme entre le rail et l'éclisse une légère pellicule provenant de l'oxydation des surfaces et dont la résistance est considérable.

Pour remédier à ces inconvénients on emploie divers procédés :

En Amérique on soude les rails entre eux, de sorte que la voie n'est plus formée que par deux rails continus.

Le procédé employé le plus usuellement est celui de la soudure Thomson ; à cet effet on amène près du joint à souder un chariot spécial alimenté par le courant du tramway et dans lequel se trouve la transformatrice nécessaire à l'opération de la soudure. Ce chariot comporte tout le matériel nécessaire à préparer

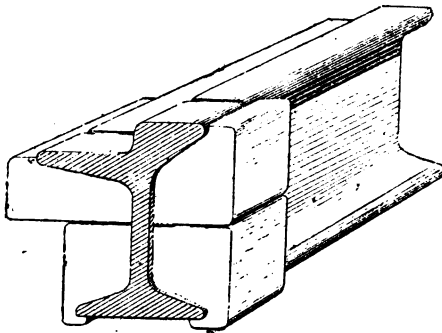


Fig. 14 — Soudure électrique d'un rail.

la soudure ; on commence par nettoyer au moyen de meules les surfaces à réunir, si l'intervalle des rails est assez grand on y fixe une pièce *ad hoc* pour remplir ce vide, puis on place de chaque côté du rail, comme on placerait des éclisses, deux blocs d'acier de même composition que celui du rail, et on serre ces blocs au moyen des machoires de la machine à souder, puis on lance le courant.

L'opération dure environ quatre minutes ; généralement elle se fait en deux fois, on soude d'abord la partie inférieure du rail, ensuite la partie supérieure. Dans tous les cas, il faut durcir la surface sur laquelle s'effectue le roulement ; à cet effet on place sur la soudure des morceaux de charbon, ce qui produit une cémentation du fer.

La figure 14 représente l'aspect d'une soudure après l'opération. A première vue l'emploi de la soudure électrique semble empêcher la dilatation, aucun jeu n'étant laissé entre deux rails successifs, comme cela est d'usage dans les voies de chemins de fer ; mais l'expérience a démontré que ce procédé n'a pas d'inconvénient. Néanmoins la soudure électrique des rails n'a pas encore été, à notre connaissance, employée pratiquement en France, où l'on se contente de réunir les rails électriquement entre eux au moyen d'un éclissage spécial, formé de fils de cuivre rivés sur chacun des rails : c'est encore ce procédé qui est appliqué le plus souvent.

Pour réunir électriquement et d'une façon convenable deux rails, il faut que le contact du fil de cuivre et du rail soit assuré parfaitement ; et en outre, que la section du conducteur additionnel, abstraction faite des éclisses ordinaires, soit telle que la conductibité de la voie ne présente pas de point faible au joint ; la conductance du cuivre étant environ six fois celle du fer, il faut que la section des fils de cuivre soit d'au moins 1/6 de la section des rails. Le contact entre les fils de cuivre et le rail s'établit en perçant dans l'âme de ce dernier, des trous dans lesquels on enfile

des bagues fendues, en cuivre, dans l'intérieur desquelles se place le fil conducteur; en refoulant fortement ces bagues comme pour une rivure, on arrive à faire un très bon joint. Le joint ainsi obtenu est représenté par la figure 15.



Fig. 15. — Joint électrique rivé.

Tous les assemblages faits au moyen de boulons ne sont pas à conseiller, car, en peu de temps, les contacts deviennent mauvais; en Amérique, pourtant, sur certaines lignes, on emploie un serrage par écrou, le câble formant éclissage électrique est soudé dans une douille terminée par une tige filetée, ainsi que le représente la figure 16, la tige filetée traverse le rail, et est maintenue au moyen d'un écrou, le serrage se fait par l'intermédiaire d'une lame de plomb.

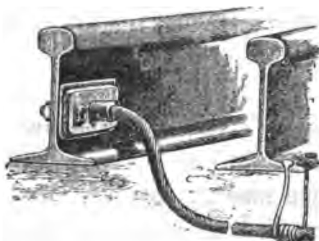


Fig. 16. — Joint électrique boulonné.

CANALISATION

La canalisation électrique d'une ligne de tramways électriques peut se faire absolument de la même façon qu'une canalisation d'éclairage électrique ou de transport d'énergie; il faut cependant prendre de grandes précautions pour l'isolement, car le plus souvent un des conducteurs est relié à la terre, et, en outre, on emploie des courants de tension relativement élevée (généralement 500 volts); les canalisations varient avec les modes de distribution employés; pour les petites lignes on se contente d'un seul câble sur lequel se fait directement la prise de courant; dans les lignes plus importantes, ce câble est alimenté en différents points par des feeders partant de l'usine; ces feeders sont presque toujours souterrains, ils peuvent être formés par des câbles de cuivre non isolés, placés dans des caniveaux en ciment sur des isolateurs de porcelaine ou par des câbles isolés au caoutchouc, posés dans une canalisation en bois ou en fonte; mais, actuellement, ce qui est le plus employé est le câble armé, placé directement dans le sol.

Les câbles armés sont constitués de la façon suivante : autour du câble proprement dit, formé d'un toron de fils de cuivre, est enroulée une garniture en jute imprégnée d'une matière isolante, le tout est enfermé dans une double gaine de plomb, ce plomb est protégé par une enveloppe en filin goudronné, puis autour de cet ensemble sont enroulés deux rubans de fer feuillard formant armature, enfin le tout est en-

touré d'une enveloppe de filin goudronné ; la figure 17 représente la coupe de l'un de ces câbles.

Les canalisations ainsi constituées donnent des isolements considérables, mais il faut prendre de grandes précautions à la pose, car la matière isolante s'altère très facilemenl : aussitôt qu'une section est faite, il faut la protéger du contact de l'air humide, l'isolement diminue aussi énormément avec l'élévation de la température, il faut donc calculer les sections de façon à ce que aucun échauffement ne puisse se produire.

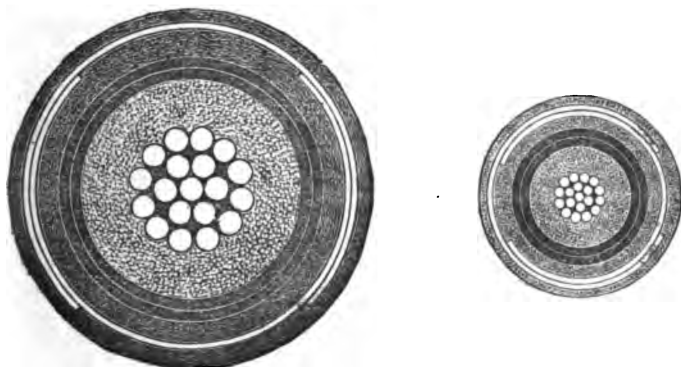


Fig. 17.— Coupe d'un câble armé.

Les jonctions de ces câbles et les branchements se font au moyen de boîtes spéciales en fonte dans lesquelles l'épissure est noyée complètement dans une matière isolante (enduit Felten).

La figure 18 représente une coupe de la boîte de branchement montrant la manière dont le câble doit être dépouillé et dont le branchement doit être fait, au moyen d'une pièce spéciale en cuivre.

La figure 19 montre la même boîte montée, vue en perspective.

Les figures 20 et 21 font voir dans les mêmes conditions une boîte de jonction.

La dimension des câbles ne peut se déterminer que

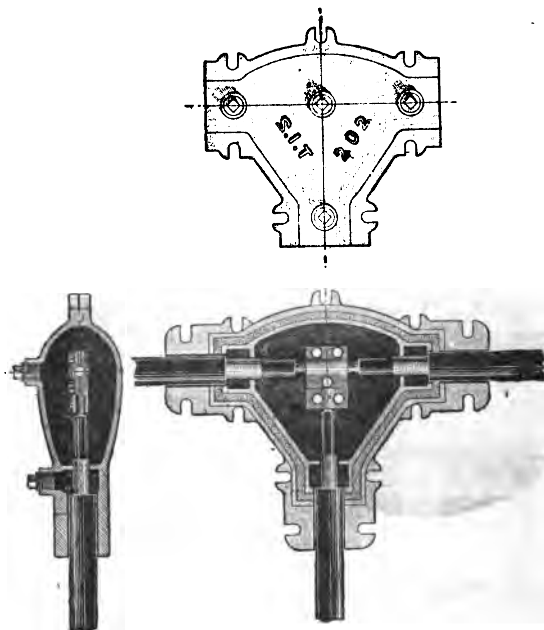


Fig. 18. — Boîte de branchement ouverte.

quand on connaît bien le service qu'ils doivent assurer; la longueur est donnée par la longueur de la ligne ou de la section de ligne qu'ils doivent alimenter, on calcule facilement l'intensité du courant qui doit

les parcourir et on consent à une perte de charge déter-



Fig. 19. — Boîte de branchement.

minée, il est alors facile de calculer la résistance qu'ils doivent avoir, et, par suite, leur section.

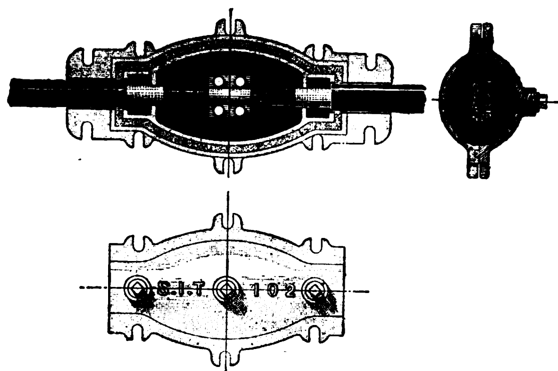


Fig. 20. — Boîte de jonction ouverte.

Soit, par exemple, à calculer la section d'un câble

de 4.000 mètres de longueur, placé le long d'une ligne de même longueur sur laquelle le service est fait au moyen de 12 voitures exigeant chacune en moyenne 13 ampères, l'usine étant placée à l'extrémité de la ligne et la perte de charge maxima consentie étant de 5 p. 100 pour un voltage de 500 volts.



Fig. 21 — Boîte de jonction,

La solution la plus économique serait d'avoir un câble conique, la section diminuant avec l'intensité du courant qui la traverse. Mais cette solution n'est pas pratique et l'on doit diviser le câble en plusieurs tronçons de même section. Supposons donc que nous divisions la ligne actuelle en deux parties égales soit AB cette ligne (fig. 22) et M son milieu; l'usine est supposée



Fig. 22.

placée en A. La ligne étant parcourue par 12 voitures, il s'en trouve 6 sur AM et 6 sur MB. On peut supposer

que les voitures sont réparties également sur toute la voie, donc en B l'intensité serait nulle et en M elle serait égale à $6 \times 13 = 78$ ampères. On peut donc admettre sur MB une intensité moyenne de 39 ampères. En A l'intensité est de $12 \times 13 = 156$ ampères, l'intensité moyenne entre A et M est donc de $\frac{156 + 78}{2} = 117$ ampères.

La perte de charge totale admise est de 5 p. 100 de 500 volts, soit 25 volts pour toute la ligne, elle devra donc être de 12,5 volts dans chaque section. Le câble MB étant parcouru par un courant de 39 ampères, sa résistance totale devra être :

$$R = \frac{12,5}{39} = 0,32$$

La longueur de MB est de $\frac{4000}{2} = 2000$ mètres, la résistance kilométrique du conducteur sera donc de

$$\frac{0^{\omega}32}{2} = 0^{\omega}16$$

Pour le conducteur AM le calcul se fait de la même façon, il est parcouru par un courant de 117 ampères et la perte de charge devant être de 12,5 volts, sa résistance totale sera :

$$R' = \frac{12,5}{117} = 0^{\omega}10$$

et sa résistance kilométrique, $0^{\omega}05$.

La résistance d'un fil de cuivre de 1 millimètre de

section et de 1000 mètres de longueur étant de 16 ohms la section de câble MB sera :

$$S = \frac{16}{0,16} = 100 \text{ m/m}$$

de même la section du câble AM sera :

$$S' = \frac{16}{0,10} = 160 \text{ m/m}$$

Dans l'exemple précédent on arrive à employer un câble de 160 millimètres pour un courant maximum de 156 ampères, ce qui ne fait pas tout à fait un ampère par millimètre carré de section, c'est une solution très acceptable ; mais si, au contraire, on était arrivé à un câble comportant une intensité plus grande que un ampère par millimètre carré de section : il aurait été préférable d'augmenter la section de manière à ne pas dépasser ce chiffre, afin d'éviter un échauffement qui aurait compromis l'isolement du conducteur, surtout dans les fortes sections et pour les câbles isolés ; dans le cas de câbles nus on peut, au contraire forcer beaucoup la densité du courant.

La figure 23 représente un diagramme donnant les sections à employer pour des intensités déterminées, les abscisses indiquant les sections en millimètres carrés et les ordonnées les intensités pratiques que peuvent supporter les câbles; il sera bon de ne pas dépasser les chiffres obtenus, si l'on ne veut pas avoir de mécomptes. Dans la détermination d'une canalisation principale de tramways il faut, non seulement déterminer les sections d'après les pertes de charge admissibles et d'après l'échauffement, mais encore, il

y a lieu de tenir compte des augmentations éventuelles de trafic et du prolongement possible de la ligne.

Nous venons d'examiner dans quelles conditions doit se poser la canalisation principale; cette canalisation est identique, quel que soit le système adopté suivant

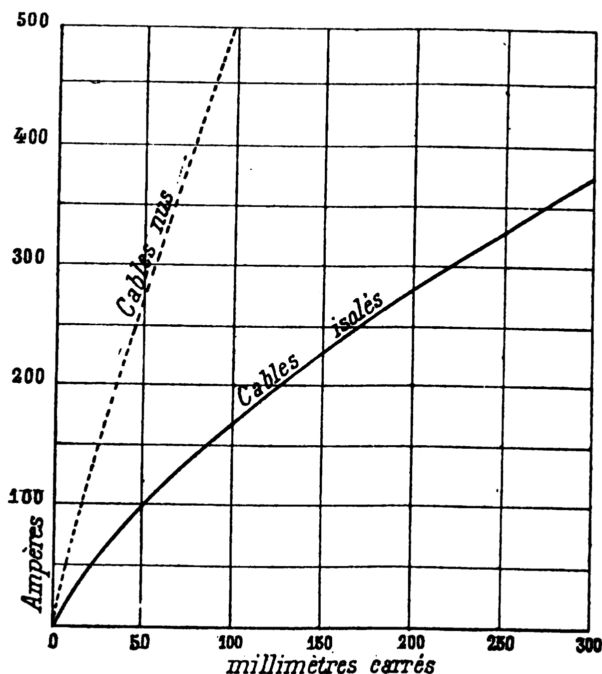


Fig. 23. — Tableau donnant la section maxima d'un cable en fonction de l'intensité pour éviter l'échauffement.

les cas; c'est sur elle que sont branchées des dérivations venant alimenter les câbles secondaires, sur lesquels les voitures prennent leur courant, ou bien les dérivations fournissant le courant aux appareils de

distribution disposés le long de la ligne, ou encore dans le cas de lignes de grande longueur, cette canalisation principale est constituée par un certain nombre de feeders venant se greffer sur le câble principal. Nous allons examiner comment sont placés les câbles secondaires dans les différents cas.

Ligne aérienne. — Dans les tramways à ligne aérienne le câble secondaire qui, dans le cas de faibles longueurs, peut être lui-même le câble principal, est constitué par un conducteur en cuivre non isolé, sur lequel vient appuyer directement la prise de courant de la voiture, ce conducteur est généralement formé, par un fil de cuivre de 8 millimètres de diamètre, tendu

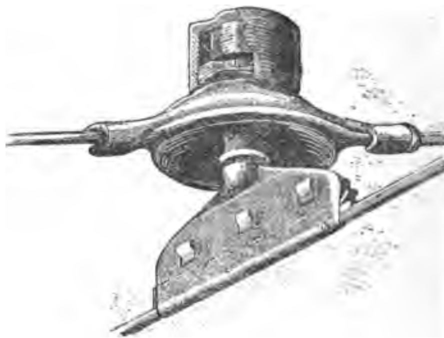


Fig. 24. — Support isolant de la ligne aérienne.

au-dessus de la voie. Ce fil est soutenu par l'intermédiaire de fils de fer tendus en travers de la voie et fixés soit aux maisons, soit à des poteaux, dans d'autres cas il est supporté directement à l'extrémité de bras ou consoles fixés sur les poteaux. Le support des fils doit être fait de façon à ne faire qu'une très légère saillie et à

permettre facilement le passage du trolley. Outre cela il doit former isolateur par rapport au fil de fer transversal ou aux bras des poteaux.

Un isolateur assez souvent employé est représenté par la figure 24. Il est constitué par une lame de cuivre ayant une épaisseur un peu inférieure au diamètre du câble à supporter; sur cette lame de cuivre peut venir s'appliquer une sorte d'étrier également en cuivre, qui vient maintenir le fil contre la lame; cet étrier est fixé à cette lame au moyen de clavettes et le serrage de tout l'ensemble est assuré au moyen de coins forcés entre le fil et la lame. Le tout est maintenu par une sorte de boulon, complètement entouré d'une matière isolante et dont la tête vient reposer sur une pièce en forme de cloche soutenue par le fil transversal ou par le bras du poteau, la tête de la vis est recouverte par un chapeau venant se visser sur la cloche.

Dans certains cas le câble au lieu d'être entouré complètement par un étrier est maintenu par une sorte de pièce dont le serrage est d'autant plus énergique que le câble est plus tendu. Les isolateurs sont supportés soit par les bras des poteaux, soit par les fils de fer tendus en travers de la voie. On emploie à cet effet du fil d'acier de 4 millimètres de diamètre. Ce fil est fixé soit aux poteaux, soit aux scellements faits dans les maisons par l'intermédiaire d'une pièce spéciale destinée à atténuer les vibrations qui se produisent par le passage du trolley : cette pièce est formée par deux maillons de chaîne engagés l'un dans l'autre et séparés par une matière isolante, qui, en même temps, ne

doit pas avoir la propriété de propager le son : cette matière est généralement une sorte de résine.

La réunion de deux extrémités de fil se fait au moyen d'une pièce spéciale, constituée par une gaine en métal représentée par la figure 25 dans laquelle viennent s'engager les deux extrémités du fil à raccorder, ces dernières étant recourbées de façon à former crochet.

Dans les croisements, on place une pièce spéciale qui reçoit les trois brins du fil et disposée de façon à aiguiller convenablement le trolley, c'est généralement le bord de la roulette du trolley qui produit automatiquement cet aiguillage. L'aiguille est formée par une pièce mobile maintenue par un ressort comme dans les croisements de voie ordinaires.

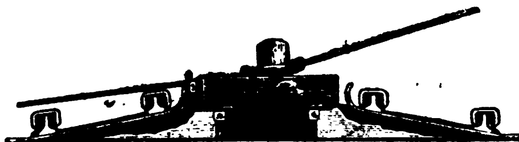


Fig. 25. — Raccord de fils de ligne aérienne.

Les poteaux qui supportent les canalisations sont le plus souvent formés de tubes en acier emboités à chaud les uns dans les autres, la hauteur totale d'un poteau est d'environ 9 mètres de manière à avoir un scellement suffisant de 1 m. 50 à 2 mètres et à permettre l'attache du fil à, au moins 6 mètres au-dessus du sol, les poteaux en acier sont, dans beaucoup de cas remplacés par des poteaux en bois, bien moins coûteux et qui sont admissibles en rase campagne. Dans l'établissement d'une canalisation aérienne, il faut toujours tenir compte avec beaucoup de soin des

tensions des cables, car, sans cela, on s'expose à de graves ennuis; pour la bonne marche de trolley, il faut que le fil soit aussi tendu que possible et que, par conséquent, il ait une flèche très faible, mais alors, la dilatation entre en jeu, et avec les variations de température, on court le danger de ruptures, ou, si les ruptures ne se produisent pas, les poteaux s'infléchissent de la façon la plus désagréable pour l'œil. Il faut donc calculer avec soin les dimensions des poteaux et déterminer exactement la valeur de la tension à donner au cable en tenant compte des températures extrêmes auxquelles la ligne peut être soumise et de la résistance du métal employé.

On emploie généralement, pour les lignes de tramways, un fil en bronze siliceux ayant une conductibilité de 98 p. 100 et une résistance moyenne à la rupture de 45 kilogrammes par millimètre carré.

La flèche à donner au fil entre deux supports se détermine par la formule :

$$F = \frac{L^2 \delta}{8000\, CR}$$

Dans laquelle :

F est la flèche exprimée en mètres;

L la distance des poteaux en mètres;

δ le poids spécifique du métal, 8,9 pour le cuivre;

C Un coefficient dépendant des portées et de la température au moment de la pose.

Ce coefficient pour une portée de 33 mètres, varie de 0,2 pour 0°, à 0,1 pour 25°. En supposant la pose faite à 15°, ce coefficient sera 0,12, et la charge à admettre sera de 45 × 0,12 = 5 kil. 40 par millimètre

carré, soit $5,4 \times 50 = 270$ kil. Pour un fil de 50 mill. de section ou 8 mill. de diamètre, la flèche sera donc :

$$F = \frac{33 \times 33 \times 8,9}{8000 \times 5,4} = 0,22$$

Cette flèche de 0 m. 22 est celle qui sera adoptée le plus souvent, car le calcul précédent a été fait dans les conditions où l'on se trouve généralement.

La formule que nous donnons plus haut n'est qu'approchée et si l'on voulait arriver à une solution exacte, il faudrait prendre la formule de la chaînette, mais cela est rarement utile dans la pratique.

Canalisation de retour. — Nous venons de parler de la canalisation principale d'une ligne, c'est celle qui se relie généralement au pôle positif de la dynamo, le retour se faisant presque toujours par les rails qui sont reliés au pôle négatif : dans ce cas, ainsi que nous l'avons déjà vu précédemment ce retour doit être assuré d'une façon aussi complète que possible : pour cela les éclissages des rails doivent être très soignés au point de vue de leur conductibilité et souvent la conductance du retour doit être augmentée soit au moyen de feeders, soit au moyen d'un conducteur placé parallèlement à la voie et qui lui est relié de distance en distance; ce conducteur peut être formé d'un simple fil de cuivre de section appropriée au débit et placé simplement en terre; mais dans ce cas on risque de le voir se détruire rapidement par l'oxydation, et il est préférable de l'entourer d'une légère enveloppe isolante, et même de la placer dans un canal

en bois; un simple enduit de goudron suffit souvent à le protéger très longtemps.

VOITURES

Les voitures employées en traction électrique peuvent être identiques à toutes les voitures adoptées actuellement pour les tramways, sauf quelques légères modification, là où les plateformes doivent permettre l'établissement des appareils de manœuvre.

Les voitures peuvent présenter deux plateformes : une à l'avant et une à l'arrière, toutes deux accessibles au public; dans ce cas, on place un appareil de manœuvre sur chaque plateforme et il est inutile de retourner la voiture quand elle a fait un voyage, le conducteur n'a qu'à changer de plateforme.

En France l'administration exige presque toujours que la plateforme sur laquelle se trouve le conducteur soit interdite au public, de façon à ce qu'il ne soit jamais gêné ou dérangé dans ses manœuvres.

D'autres voitures comportent bien deux plateformes mais, celle d'avant est toujours réservée au conducteur et l'accès des voyageurs dans la voiture ne se fait que par la plateforme d'arrière, dans ce cas il est nécessaire de retourner le véhicule â chaque extrémité de la ligne.

La plus grande différence consiste dans le truck ou chassis qui doit être établi de façon à recevoir les moteurs électriques.

Il doit être suffisamment robuste pour supporter le poids des dynamos qui est relativement assez grand,

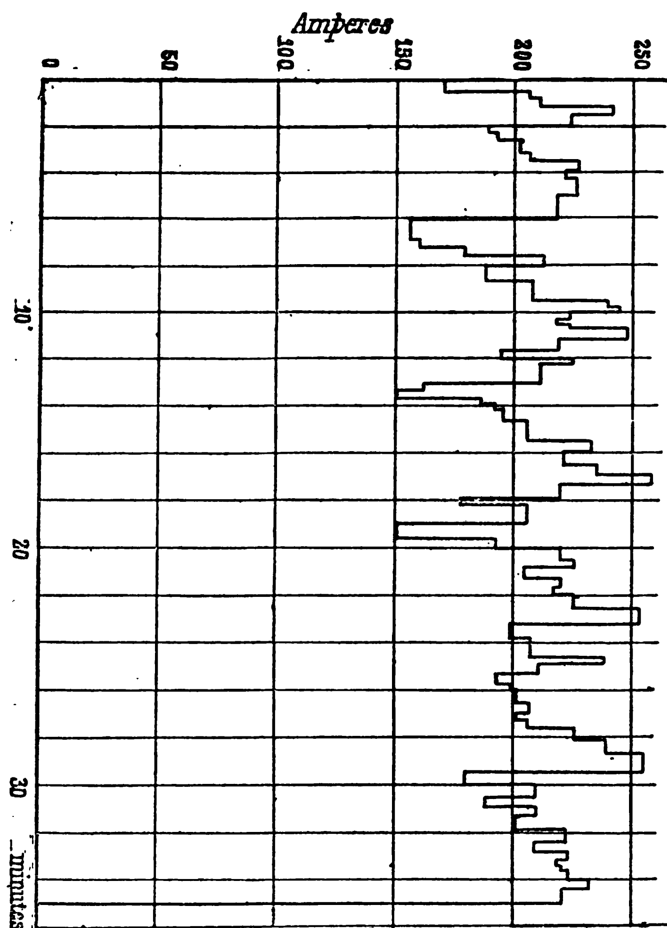


Fig. 26. — Diagramme calculé du débit d'une usine pour 12 voitures en service.

les essieux doivent surtout être d'un diamètre beaucoup plus gros que ceux employés pour la traction à

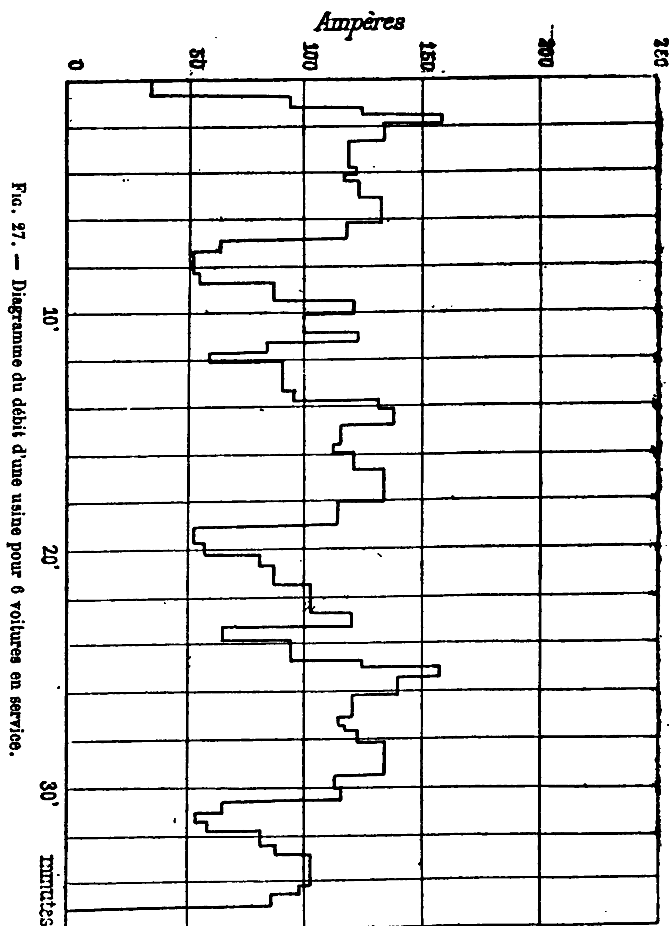


Fig. 27. — Diagramme du débit d'une usine pour 6 voitures en service.

chevaux, car c'est sur eux que reposent en partie les moteurs, et ils doivent être appropriés à ces moteurs

c'est-à-dire présenter les portées et les bagues nécessaires à leur fixation.

Les truks se font à toutes les largeurs de voie, mais pour les tramways électriques on descend rarement audessous de 0 m. 80, les dimensions les plus usitées sont de 1 mètre et de 1 m. 44, c'est ce dernier gabarit qui est employé maintenant presque partout.

Le chassis doit être étudié de façon à circuler facilement dans les courbes. Dans le cas d'essieux rigides, l'écartement entre les deux essieux doit être d'autant plus petit que la ligne à parcourir par le véhicule présente des courbes de plus petit rayon, cet écartement varie de 1 mètre pour un rayon de 15 mèt. à 2 m. 15 pour un rayon de 30 mètres dans ce cas la diffé-

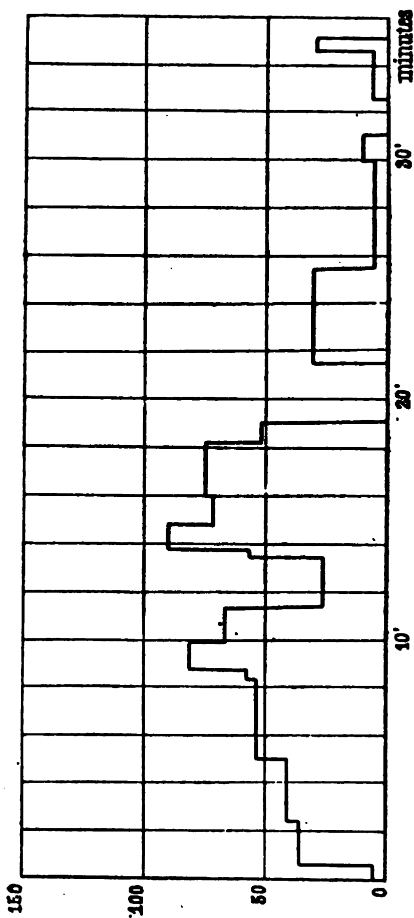


Fig. 28. — Diagramme du débit d'une usine pour 4 voitures en service.

rence entre le gabarit de la voie (écartement intérieur des rails de roulement) et l'écartement des bords extérieurs des boudins des roues, doit être d'environ 0 m. 009. C'est-à-dire que, si l'écartement des rails dans la courbe considérée est de 1 m.45, la distance des bords extrêmes des boudins devra être de 1 m. 441. Malgré cela il est toujours bon de laisser aux essieux un certain jeu transversal de façon à ce qu'ils puissent converger légèrement vers le centre de la courbe. Lorsque l'on veut une grande élasticité dans le passage des courbes, au lieu de supporter la caisse par un chassis rigide, elle est portée par deux petits chassis distincts comportant chacun un seul essieu, et sur lesquels elle repose par l'intermédiaire de galets facilitant la rotation autour d'une cheville ouvrière.

Ces deux chassis sont réunis par une sorte de charnière permettant la convergence des essieux dans les courbes, des ressorts convenablement disposés rappellent les essieux au parallélisme dès que la courbe est passée.

Dans le choix des voitures il faut tenir compte du trafic prévu dans la ligne. On peut employer soit de petites voitures partant fréquemment, soit des voitures plus grandes, ou mieux, des trains composés de plusieurs voitures et partant à des intervalles plus espacés, beaucoup de considérations peuvent entrer en jeu pour le choix du matériel.

Lorsque l'on a de fortes rampes il faut, en tous cas, des voitures légères et la remorque ne devient plus pratique.

Nous croyons qu'on retirera tous les avantages de la

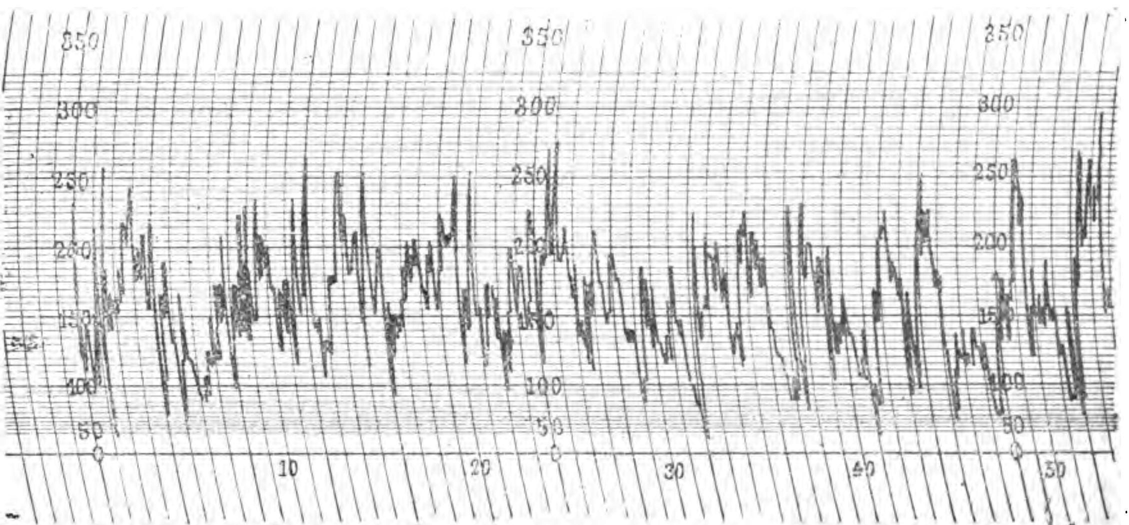


Fig. 29. — Diagramme relevé du débit d'une usine pour 12 voitures en service.

traction électrique en faisant des départs fréquents, bien entendu quand le trafic le permettra, car alors, les machines génératrices travaillent d'une façon à peu près régulière et l'on peut les utiliser dans les meilleures conditions économiques. Nous donnons-ci après, figures 26, 27 et 28, 3 diagrammes indiquant la courbe de débit d'une usine alimentant une ligne sur laquelle circule, dans le premier cas 12 voitures, dans le second 6 et dans le troisième 2 voitures; on voit que les variations sont d'autant moindres que le nombre des voitures est plus grand.

ACCESSOIRES DES VOITURES.

Freins. — Toutes les voitures d'une ligne de tramway doivent être munies de freins très puissants, et cela d'autant plus que la ligne présente des déclivités plus considérables.

Tous les systèmes de freins peuvent être employés pourvu qu'il aient une action énergique. Pour plus de sûreté, il est préférable de munir les voitures automobiles de deux freins différents, le plus souvent on y emploie un frein mécanique ordinaire et le frein électrique.

Ce dernier a le grand avantage d'être manœuvré très facilement, sans aucun effort, d'être très efficace, modérable, et en même temps de ménager le matériel ; tandis qu'avec les freins ordinaires, les sabots doivent être remplacés très souvent, les bandages des roues s'usant avec une assez grande rapidité.

Le freinage électrique s'obtient en fermant le circuit

des moteurs sur une résistance ou même directement sur eux-mêmes, la communication avec la ligne étant interrompue. La voiture avançant par suite de la vitesse acquise ou par suite de la gravité sur une pente, les roues font tourner les induits des moteurs qui deviennent alors des générateurs de courant.

On voit que, la résistance sur laquelle on ferme le circuit étant constante, l'intensité du courant produit sera proportionelle à la différence de potentiel engendrée aux deux bornes des dynamos, que par conséquent

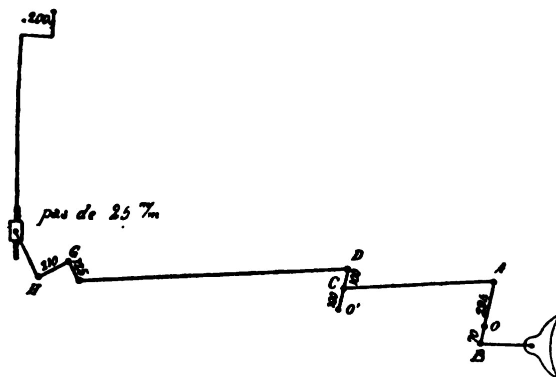


Fig. 30. — Schéma d'un frein à sabots.

l'énergie produite sera d'autant plus considérable que la vitesse de la voiture sera plus grande, et par suite, le couple s'opposant à la rotation des essieux sera plus grand.

On modère l'action du frein électrique soit en augmentant la résistance qui ferme le circuit, ce qui a pour effet de réduire l'intensité du courant produit, soit en shuntant les inducteurs, ce qui diminue l'intensité du champ et par suite l'énergie produite.

Nous verrons plus loin comment on obtient ces différentes combinaisons au moyen du régulateur que manœuvrent les conducteurs.

Le frein mécanique le plus employé est le frein à main ordinaire qui agit au moyen des sabots sur les bandages des roues. La figure 30 montre la disposition schématique d'un tel frein, il doit être disposé de façon que le conducteur n'ait qu'un effort relativement faible à exercer sur la manivelle pour bloquer les roues. Si l'on prend les dimensions indiquées sur la figure 30, le calcul de l'effort à exercer sur la manivelle se fait de la façon suivante :

Pour que le frein ait une action efficace, il faut que l'on puisse donner aux sabots, une pression, sur le bandage, supérieure ou au moins égale à la pression exercée entre le rail et le bandage. Si cette condition est remplie le frottement du sabot sur le bandage sera plus grand que le frottement de celui-ci sur rail et la roue sera bloquée.

Supposons que le poids de la voiture soit de 12 tonnes, si elle a quatre roues, chacune d'elle supportera une charge de 3.000 kilogrammes, c'est donc l'effort minimum à exercer sur chaque sabot. Soit S cet effort, il est produit par l'intermédiaire du levier AB, mobile autour de l'axe O, le rapport des bras de ce levier est de 70 à 294, l'effort T à produire à l'extrémité A du levier sera donc :

$$T = \frac{3.000 \times 70}{294} = 716 \text{ kilogrammes.}$$

Cet effort T est transmis par l'intermédiaire du levier O'CD mobile autour de l'axe O' le rapport des bras est

de 100 à 200, soit 1/2, l'effort R à exercer en D sera :

$$R = \frac{T}{2} = 358 \text{ kilogrammes.}$$

L'effort R est produit par un troisième levier FGH mobile autour de l'axe G et dont les bras sont dans le rapport de 125 à 210 l'effort à produire en H sera :

$$Q = 358 \times \frac{125}{210} = 213 \text{ kilogrammes.}$$

Cet effort Q est obtenu au moyen d'une vis, que nous supposerons être à filet carré et d'un pas h de 25 millimètres, actionné par une manivelle de 200 de rayon r; l'effort P que le conducteur devra faire sur la poignée de la manivelle, sera :

$$P = \frac{Qh}{2\pi r} = \frac{213 \times 25}{6{,}283 \times 200} = 4{,}2 \text{ kilogrammes.}$$

Mais comme cet effort n'est calculé que pour un sabot, l'effort total sera obtenu en multipliant ce chiffre par 4 ce qui donne 16 kg. 800.

On emploie dans certains cas, particulièrement dans les lignes à forte rampe, le frein à patin ; ce frein est constitué par des patins en bois qui viennent s'appuyer fortement sur les rails, il est très énergique, il a l'avantage de ménager les bandages des roues; mais il peut quelquefois causer des déraillements.

Un autre frein encore plus employé dans la traction mécanique, est le frein Lemoine où l'action du conducteur est transmise aux sabots par l'intermédiaire d'une corde enroulée sur l'essieu, le moindre effort produit sur la corde augmente son adhérence sur l'es-

sieu, et elle tend à tourner avec lui, dans ce mouvement elle entraîne les sabots qui viennent appuyer sur les jantes ; malheureusement ce frein très énergique, ainsi qu'on le voit, ne peut agir que dans le sens de la marche des véhicules, et il ne peut l'empêcher de reculer, c'est ce qui explique son peu d'emploi dans les tramways à traction mécanique tandis qu'il est presque géralement employé dans la traction par chevaux.

Quel que soit le système de freins adoptés, ces appareils doivent être établis avec toutes les conditions de sécurité possible. En France l'administration du contrôle est assez sévère à leur égard et elle fait surveiller attentivement leur état d'entretien. Elle demande que les freins d'une voiture soient capables d'arrêter cette voiture lancée à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure ; sur une rampe de 20 millimètres par mètre dans une longueur de 20 mètres.

Pour procéder à ces essais, on choisit dans la ligne une rampe de 20 millimètres ou s'en rapprochant le plus possible. On lance une voiture sur cette rampe, à la vitesse voulue, quand on estime que cette vitesse est assez régulière pour ne pas avoir à tenir compte de l'accélération, on laisse tomber sur la voie un sac de sable ou une éponge mouillée, en même temps on note l'heure, on parcourt un certain espace, puis on laisse tomber un second sac de sable, on note l'heure et en même temps, on agit fortement sur les freins.

En mesurant la distance qui sépare les deux sacs et en prenant la différence des heures notées, on obtient facilement la vitesse de la voiture ; si l'on marchait bien à 20 kilomètres on a dû parcourir 5 mètres 55 par

seconde. Une fois la voiture arrêtée, le point de celle-ci d'où l'on a jeté les sacs de sable ne doit pas être à plus de 20 mètres du point où est tombé le dernier de ces sacs. Par un beau temps, quand la voie n'est pas humide, ces expériences réussissent généralement avec les freins ordinaires, mais si la voie est légèrement humide ou couverte d'une boue grasse, il arrive que les roues étant bloquées par les freins, elles continuent à glisser (patiner) sur les rails et la voiture ne s'arrête pas assez rapidement. On y remédie en augmentant le coefficient d'adhérence de la voie, par l'épandage de sable fin, au moyen des sablières placées sur la voiture.

Sablières. — Dans les voies à rampes ordinaires, c'est-à-dire ne dépassant pas 30 millimètres par mètre, il suffit d'avoir des sablières placées à l'avant des voitures, et qui versent leur sable devant les roues, car il n'y a lieu de s'en servir que pour les démarrages, et quand la voiture patine en avançant. Il est bien entendu que nous ne parlons que des cas où les voitures marchent toujours dans le même sens et où elles sont retournées à chaque extrémité de la ligne ; dans le cas contraire, lorsque la voiture est disposée de façon à marcher dans les deux sens, il faut des sablières aux deux extrémités.

Dans le cas où les lignes présentent des déclivités assez fortes, on doit munir les voitures de sablières permettant de répandre du sable en arrière de la voiture, parce que, si elle vient à reculer sur une forte rampe, lorsque la voie est mauvaise quoique les roues soient bloquées par les freins, on ne

peut plus arrêter le véhicule qui glisse sur les rails, si alors on a le moyen de répandre du sable sur la partie des rails que va franchir la voiture, on augmente considérablement le coefficient d'adhérence et on arrive ainsi à arrêter la voiture.

Les sablières consistent généralement en des coffres placés sous les banquettes de la voiture ; le fond de ces coffres a la forme d'un entonnoir venant aboutir à un tuyau d'environ 5 centimètres de diamètre qui contourne la roue et vient se terminer en biseau tout près des rails, de façon à laisser tomber le sable le plus près possible de la roue.

L'entrée du tuyau est fermée par un obturateur que le conducteur peut manœuvrer au moyen d'un levier placé à sa portée.

Le sable employé doit être fin et très sec; il doit être renouvelé souvent parce que, sous l'influence de l'humidité, il s'agglomère et ne coule plus facilement ; pour parer à cet inconvénient, certaines sablières sont traversées par un arbre muni de crochets qui, lorsqu'on manœuvre le levier, viennent briser les morceaux.

Eclairage. — Nous aurons peu de choses à dire sur l'éclairage des voitures qui se fait naturellement, au moyen de lampes à incandescence, la tension généralement adoptée pour la traction électrique étant de 500 volts et comme il ne se fabrique pas pratiquement des lampes de ce voltage, on met dans la voiture un ou plusieurs circuits de lampes de 100 volts placées en série. Dans certaines lignes où les variations de voltage sont assez fortes on place souvent une petite

résistance en circuit avec les lampes, de façon à former régulateur ; mais dans une ligne bien établie cette précaution n'est pas utile, il suffit le plus souvent d'employer des lampes d'un voltage un peu plus élevé ; 105 volts par exemple, et d'une intensité lumineuse plus grande que celle qu'on désire avoir, soit des lampes de 20 bougies si l'on veut obtenir 16 bougies ; de la sorte les lampes ne risquent pas d'être brûlées par les hausses brusques de voltage qui peuvent se produire sur la ligne.

Il est prudent d'avoir deux circuits différents pour l'éclairage des voitures, car les lampes étant montées en série, si l'une vient à se brûler, tout est éteint jusqu'à ce que l'on ait pu remplacer la lampe brûlée, ce qui est assez long : si au contraire, on a deux circuits, il est très vite fait d'allumer le circuit de secours.

Il est bon, et même souvent réglementaire, de munir les voitures d'un fanal éclairé à l'huile de façon que par suite d'une interruption de courant, la voiture ne se trouve pas dans l'obscurité complète. Quelque soit le mode d'éclairage adopté, les réglements imposent, pour l'éclairage extérieur des voitures à traction mécanique, un feu blanc et un feu rouge à l'avant, puis un feu vert à l'arrière.

Chauffage. — Il n'y a que peu d'années que l'on chauffe les voitures publiques de tramways, et encore ne le fait-on pas partout ; quoi qu'il en soit, cela devient obligatoire avec le luxe et le confort que l'on donne maintenant surtout aux tramways électriques. Le chauffage peut se faire de plusieurs façons, par des

bouillottes à eau chaude, par une circulation d'air chaud, produit par un petit poêle placé sur la voiture; ou par des chaufferettes contenant des briquettes; mais la solution la plus élégante et qui n'est pas beaucoup plus coûteuse, si elle l'est, consiste à employer le chauffage électrique.

Ce chauffage s'obtient en faisant passer une dérivation du courant dans des résistances disposées soit sous les banquettes, soit sous le plancher de la voiture; en modifiant la valeur des résistances en circuit, on règle très facilement l'intensité du chauffage.

Nous avons employé avec succès des chaufferettes fabriquées par la maison Hamelle de Paris. Ces chaufferettes en tôle de fer ou en cuivre contiennent à l'intérieur, du carton d'amiante garni d'un réseau en fil de maillechort dont la section et la longueur sont calculés de façon à obtenir la température voulue. Nous sommes arrivés à chauffer très convenablement une voiture avec deux de ces chaufferettes ayant chacune 0 m. 20 de largeur et 2 mètres de long. La dépense de courant sous 500 volts étant inférieure à 0,8 ampère par chaufferette.

MOTEURS

Les moteurs employés en traction électrique doivent être légers, robustes et présenter une grande élasticité; en outre ces moteurs doivent avoir des dimensions assez restreintes pour pouvoir être placés facilement sous les caisses des voitures; toutes les parties délicates et craignant l'eau ou la poussière

doivent être enveloppées aussi complètement que possible.

Leur forme varie avec les différents constructeurs, mais celle qui est le plus généralement adoptée consiste à envelopper l'induit dans l'armature de manière à l'enfermer complètement, dans ce cas, l'armature est divisée en deux parties mobiles autour d'une charnière, ce qui facilite le démontage; cette forme permet de donner à l'armature une résistance magnétique très faible.

L'armature se fait soit à deux pôles dont l'un conséquent, soit à quatre pôles dont deux conséquents, soit à quatre pôles directs. C'est-à-dire qu'elle comporte une, deux ou quatre bobines d'électros.

L'excitation des moteurs employés pour la traction se fait presque toujours en série; il n'y a qu'un seul cas où l'on adopte des moteurs excités en dérivation, c'est celui où l'on emploie des accumulateurs et où l'on veut récupérer le courant aux descentes pour recharger ces accumulateurs, mais cela ne s'est encore fait qu'à titre d'expérience, et n'est pas encore entré dans la pratique.

On emploie des moteurs excités en série parce que le couple moteur est maximum au moment du démarage et que c'est justement à ce moment que l'on a besoin de la plus grande puissance; les moteurs excités en série ont le défaut de s'emballer lorsqu'ils n'ont plus de charge, mais cet accident n'est pas à craindre dans un tramway dont la vitesse est réglée continuellement par un conducteur.

Les induits employés sont, ou du type à anneau

Gramme ou des bobines à enroulement Siemens, ces dernières ont été longtemps preférées, mais maintenant on revient à l'anneau Gramme qui peut se construire plus solidement.

Les accidents les plus fréquents se produisent dans les induits : cette partie de la machine doit donc être tout particulièrement soignée ; ses fils doivent être assujettis avec le plus grand soin, pour qu'ils ne se rompent pas sous l'action de la force centrifuge : souvent on les loge dans des rainures en forme de queue d'hironde et on les y maintient par des cales, le tout étant encore serré par un frettage. Le point le plus délicat et où les ruptures se produisent le plus souvent est le point d'attache des fils avec les lames du collecteur, la soudure doit y être faite avec le plus grand soin ; une bonne disposition consiste à faire retourner en équerre les lames du collecteur de façon à les faire remonter presque jusqu'à la périphérie de l'anneau et d'y souder directement l'extrémité du fil des sections.

L'induit doit être calé d'une façon absolument parfaite sur son arbre, de sorte que, dans les variations brusques de vitesse, rien ne bouge. Les balais employés actuellement, sont toujours en charbon et ils sont à calage fixe ; ce calage doit être déterminé de manière à ce qu'il n'y ait pas d'étincelles. Lorsque la voiture marche toujours dans le même sens, et qu'elle ne va en arrière qu'accidentellement, on établit le calage pour la marche en avant ; si au contraire, la voiture doit marcher dans les deux sens, ce qui est le cas lorsqu'on ne retourne pas la voiture aux deux extrémités

de la ligne, le calage se fait dans l'axe neutre, mais alors il n'est jamais parfait.

Les porte-charbons doivent être robustes et facilement visitables, en outre leur partie mobile appuyant sur le collecteur doit présenter une très petite masse, afin que, par suite des cahos que peut supporter la voiture, ils ne quittent pas le collecteur.

Une bonne disposition consiste à placer simplement dans une glissière fixe, le charbon sur lequel vient appuyer un léger ressort, la masse mise en mouvement ne consiste alors que dans le charbon lui-même et une petite partie des ressorts.

La vitesse de régime des moteurs doit être très réduite, afin de permettre l'emploi d'un seul train d'engrenage pour attaquer les essieux ; en général cette vitesse est d'environ 500 tours par minutes, ce qui permet d'employer un rapport de 1/5 pour les engrenages, afin de faire tourner les essieux à 100 tours, ce qui, avec des roues de 0 m. 75 de diamètre correspond à une vitesse de 267 mètres à la minute, soit 16 kilomètres à l'heure. Il ne faut pas oublier dans le calcul des moteurs, au point de vue de la force centrifuge, que, dans les pentes, les vitesses normales peuvent être notablement dépassées.

La puissance des moteurs doit être déterminée, pour chaque ligne et pour chaque type de voiture, et l'on doit être très large dans cette détermination. On doit toujours se tenir au-dessus des chiffres trouvés par la théorie, il est toujours bon que les moteurs d'une voiture soient assez puissants pour que cette voiture puisse, dans toutes les conditions, remorquer une

voiture semblable, à une vitesse sensiblement égale à la vitesse normale. Nous allons indiquer les calculs à effectuer pour déterminer la puissance à donner aux moteurs.

La puissance à donner aux moteurs varie avec beaucoup de facteurs ; on doit la déterminer dans une ligne donnée pour le point où les conditions sont le plus mauvaises, c'est-à-dire pour la rampe la plus forte et la courbe de plus petit rayon, et cela dans les plus mauvaises conditions atmosphériques.

Les moteurs doivent être suffisants pour vaincre toutes les résistances qui s'opposent au roulement de la voiture; l'effort qu'ils ont à produire pour déterminer l'avancement de la voiture à la vitesse voulue, varie avec le poids du véhicule, avec le système de voie, avec l'état de cette dernière, etc.

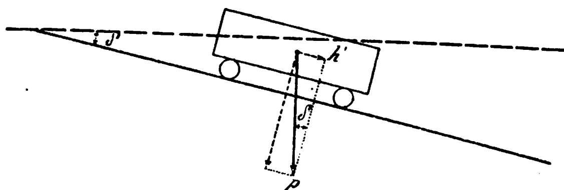


Fig. 31.

Ainsi, dans des voitures circulant sur une voie Vignole en bon état, le coefficient de traction est de 8 à 10 kilogrammes par tonne et tombe quelquefois à 5 kilogrammes, au contraire dans les voies à ornières cet effort est en moyenne de 12 à 18 kilogrammes et peut même monter à 22 kilogrammes dans une voie sale.

Dans les rampes le coefficient de traction s'augmente;

en effet, supposons une voiture d'un poids p gravissant une rampe faisant un angle δ avec l'horizontale (fig. 31) le poids p peut se décomposer en deux forces, l'une normale à la voie et l'autre parallèle, cette dernière viendra s'opposer à l'avancement de la voiture et sa valeur sera :

$$h' = p \sin \delta$$

$$\text{soit par kilogramme } h = \frac{p \sin \delta}{p} = \sin \delta$$

δ est toujours très faible, on peut donc remplacer $\sin \delta$ par la pente par mètre, soit r que l'on affectera du signe + ou du signe — selon que l'on se trouvera en rampe ou en pente. Le coefficient de traction deviendra donc $f \pm r$. Dans les courbes ce coefficient de traction augmente encore : soit F son augmentation, elle sera donnée très approximativement par la formule $F \times \frac{0{,}5\, l.}{\text{R}}$ dans laquelle l est la largeur de la voie et R le rayon de la courbe.

Au démarrage le coefficient de traction s'augmente aussi considérablement, mais cette augmentation varie avec l'accélération admise au démarrage, elle peut varier de 20 à 100 kilogrammes par tonne ; soit γ ce coefficient.

L'effort total de traction E, à exercer pour une voiture de poids p démarrant sur voie ayant un coefficient de traction f, sur une rampe r dans une courbe de rayon R, le gabarit de la voie étant l et γ étant l'augmentation du coefficient de traction due au démarrage sera :

$$\text{E} = p\left(f \pm r + \frac{0{,}5\, l}{R} + \gamma\right)$$

La puissance nécessaire en chevaux sera, si on appelle v la vitesse en mètres par seconde, une fois le démarrage opéré,mais en se trouvant toujours dans les mêmés conditions de rampe et de courbe

$$P = \frac{pvf\left(\pm r + \frac{0,5\,l}{R}\right)}{75}$$

Soit par exemple une voiture du poids de 10 tonnes devant circuler à la vitesse de 12 kilomètres ou 3 m. 33 par seconde sur une voie présentant une courbe de 50 mètres de rayon, cette courbe étant en rampe de 0 m. 02 par mètre. La puissance nécessaire à la jante sera :

$$P = \frac{10.000 \times 3,33\left(0,012 + 0,02 + \frac{0,5 + 1,44}{50}\right)}{75} = 20,5$$

chevaux.

On fait ce calcul pour les points de la ligne qui paraissent présenter le plus grand effort à la traction et on prend les chiffres les plus élevés comme puissance nécessaire pour les moteurs.

Nous avons vu qu'il était bon qu'une voiture puisse remorquer une voiture du même type, en outre, il faut tenir compte de l'effort au démarrage, on devra donc se tenir toujours beaucoup au-dessus de la puissance calculée, et il n'est pas exagéré de doubler le chiffre trouvé.

Pour simplifier les calculs nous donnons dans la figure 32 un graphique permettant de calculer rapidement la puissance de traction sans tenir compte des

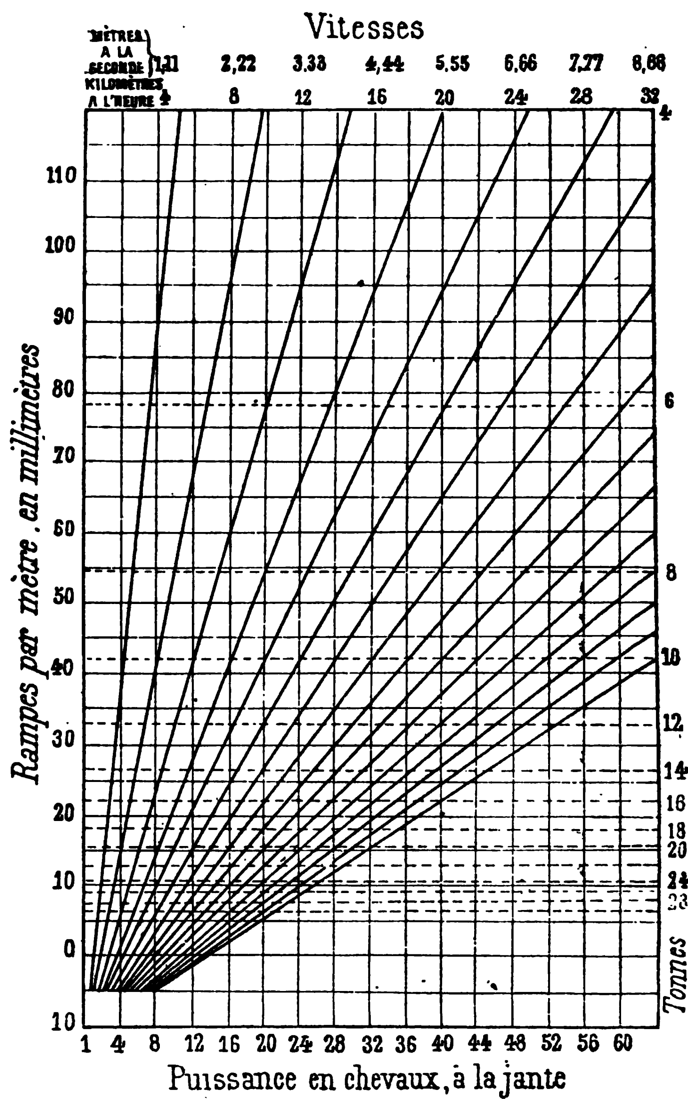


FIG. 32. — Graphique des puissances de traction.

courbes et pour un effort de traction supposé égal à 12 kilogrammes par tonne.

Les ordonnéees présentent deux graduations différentes,la première à gauche donne les rampes en millimètres par mètre ; la deuxième à droite, le poids en tonnes des véhicules, les abscisses offrent également deux graduations; la graduation inférieure indique la puissance en chevaux sur la jante de la roue et la graduation supérieure, la vitesse en mètres par seconde et en kilomètres par heure.

Pour se servir de ce tableau on opère de la façon suivante : on veut chercher, par exemple, la puissance nécessaire pour faire mouvoir une voiture pesant 10 tonnes sur une rampe de 20 millimètres à la vitesse de 16 kilomètres à l'heure.

Dans la graduation des ordonnées de droite, on cherche 10 tonnes, poids de la voiture on suit la ligne horizontale correspondant à ce chiffre jusqu'à ce que l'on rencontre la ligne verticale correspondant à la vitesse de 16 kilomètres ou 4 m. 44 par seconde, on suit alors la ligne oblique passant le plus près de ce point jusqu'à sa rencontre avec la ligne horizontale correspondant à la rampe de 20 millimètres, l'abscisse de ce point de rencontre correspond avec la puissance en chevaux nécessaire, soit ici : 18 chevaux.

Une fois la puissance des moteurs déterminée les voitures doivent encore répondre à une autre condition, c'est que leur adhérence sur la voie soit plus grande que l'effort de traction, sans cela il se produirait un patinage, Nous avons vu que la valeur de l'effort de traction était :

$$E = p\left(f + r + \frac{0{,}5\ l}{R} + \tau\right)$$

L'adhérence d'un véhicule est égale à son poids adhérent, multiplié par le coefficient d'adhérence. Lorsque tous les essieux sont moteurs, le poids adhérent est le poids total de la voiture, si, au contraire, il n'y a qu'un essieu moteur, le poids adhérent est égal au poids de la voiture, divisé par le nombre d'essieux.

Le coefficient d'adhérence est variable avec l'état de la voie : ainsi, pour une voie sèche, ce coefficient peut être de 0,25 tandis que, par les plus mauvais temps, il tombe à 0,10 c'est ce dernier chiffre que l'on devra toujours prendre dans les calculs. Si l'on appelle P le poids adhérent, on devra toujours avoir : $P \times 0{,}1 > E$. Si non la voiture patinerait et n'avancerait pas.

Nous avons vu que dans les mauvais temps on pouvait augmenter le coefficient d'adhérence en répandant du sable sur la voie, au moyen des sablières.

Des considérations précédentes, on déduit le nombre d'essieux moteurs nécessaires, et, par conséquent, d'électro-moteurs à placer sur les voitures et leur puissance. Le plus souvent, dans les tramways, on place un moteur sur chaque essieu de façon à avoir les deux essieux moteurs, dans certains cas on a mis, sur les voitures, un seul moteur en rendant les deux essieux solidaires l'un de l'autre, soit au moyen d'une chaîne de Galle, soit au moyen de bielles (Clermont-Ferrand), ou bien, dans les lignes ne présentant pas de fortes rampes, on consent à n'avoir qu'un seul essieu moteur.

Il y a quelques années, l'attaque de l'essieu par le moteur se faisait pas un double train d'engrenages, ce qui absorbait une grande partie de l'énergie développée ; actuellement on est arrivé à réduire suffisam-

ment la vitesse du moteur pour que l'attaque se fasse par un seul train d'engrenages ; dans ce cas, l'arbre de l'induit porte un pignon qui engrène avec une roue dentée calée sur l'essieu. Il faut donc que la position de ces deux pièces soit invariable l'une par rapport à l'autre, ou, tout au moins, que les deux axes de rotation soient toujours à la même distance l'un de l'autre ; d'un autre côté, la position du bâti de la voiture est variable par rapport aux essieux, puisque ces deux parties sont reliées par l'intermédiairé des ressorts ; il a donc fallu trouver des moyens de fixer les moteurs, d'une part à l'essieu et d'autre part au bâti.

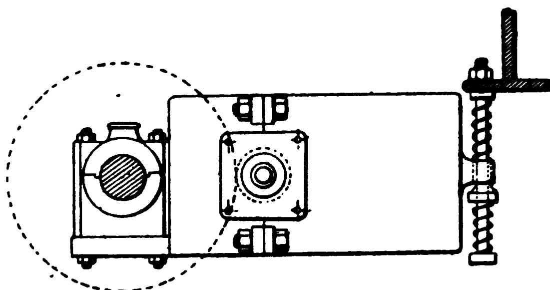


Fig. 33. — Suspension de moteur.

Le procédé le plus usité, représenté par la figure 33, consiste à munir l'armature du moteur, à l'une de ses extrémités, d'une paire de coussinets venant reposer sur l'essieu, et à l'autre extrémité d'une sorte de tenon percé d'un trou dans lequel passe un boulon fixé au bâti, le tenon venant reposer sur le boulon par l'intermédiaire d'un ressort à boudin, un deuxième ressort à boudin placé à la partie supérieure amortit les mou-

vements trop brusques que pourraient produire les cahos.

Dans ce mode de suspension, le moteur subit en grande partie les chocs qui peuvent se produire dans le mouvement de la voiture ; pour éviter cette cause de détérioration, certains constructeurs (Compagnie Walker) font reposer également le moteur sur l'essieu par l'intermédiaire d'un ressort comme le représente la figure 34, les deux axes (essieu et arbre de la dynamo) étant reliés par une sorte de bielle qui rend leurs positions relatives invariables.

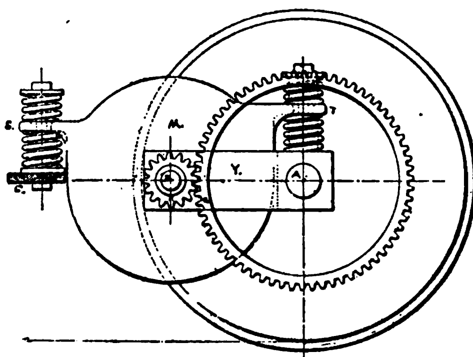


Fig. 34. — Suspension Walker.

La marche des moteurs doit être réglée à chaque instant par le conducteur qui, pour cela, a sous la main un appareil spécial appelé *Régulateur*.

RÉGULATEUR

Le régulateur est appelé souvent, mais à tort, contrôleur, par analogie avec le mot « controller » adopté par les Anglais et Américains pour désigner cet appareil, et qui signifie directeur, c'est-à-dire qui sert à diriger la voiture. On lui donne aussi souvent le nom d'*appareil de mise en marche*. Quoiqu'il en soit, nous croyons que le nom de régulateur est celui qui dépeint le mieux la fonction de cet appareil, et nous le lui conserverons dans le cours de cet ouvrage.

Le régulateur sert à régler l'allure de la voiture, il est toujours placé sur la plateforme d'avant où se trouve le conducteur : dans le cas où ce dernier change de plateforme à chaque extrémité de la ligne, on place un régulateur sur chacune d'elles.

Cet appareil doit être combiné de manière à permettre la mise en marche progressive de la voiture et d'en régler l'allure selon les circonstances, il doit permettre aussi l'arrêt rapide et même le freinage électrique ; en outre, on doit pouvoir, par une manœuvre simple, faire marche arrière ou marche avant.

Le régulateur est plus ou moins compliqué suivant les cas qui se présentent : ces cas se réduisent à deux principaux :

1° La voiture comporte un seul moteur.

2° La voiture comporte deux moteurs.

Dans le premier cas, le régulateur est relativement simple, il doit permettre les combinaisons suivantes :

1° Pour mettre en marche :

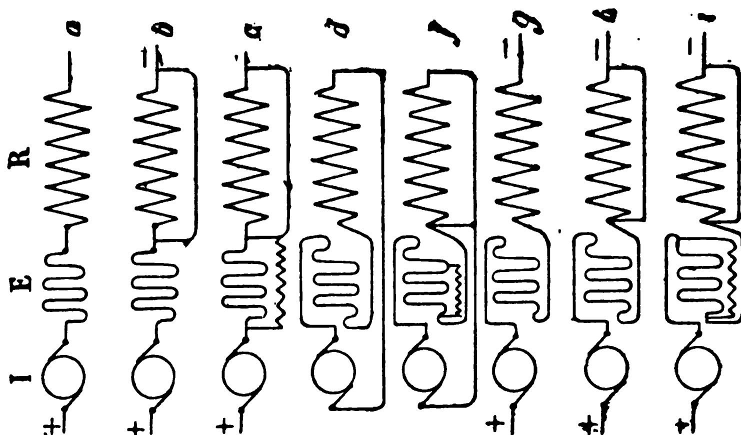
a) Envoyer le courant dans le moteur à travers une résistance suffisante pour obtenir un démarrage doux.

b) Diminuer progressivement cette résistance jusqu'à sa suppression complète.

c) Shunter l'excitation pour diminuer le champ magnétique et par suite la réaction d'induit et augmenter la vitesse.

2° Pour arrêter.

Les mêmes combinaisons que précédemment, mais en sens inverse jusqu'à rupture du courant.



F. 33. — Schema de couplage pour un moteur.

3° Pour faire frein.

d) Le courant de la ligne étant coupé, fermer le circuit du moteur sur une résistance en inversant le sens du courant de l'induit par rapport à l'inducteur, de façon à permettre un amorçage facile.

e) Diminuer progressivement la résistance, afin de rendre le frein de plus en plus énergique.

f) Shunter plus ou moins l'inducteur pour modérer l'action du frein (dans le cas où il sert à régler la marche dans une pente).

4° Pour faire marche arrière.

g) Envoyer le courant dans le moteur à travers une résistance, comme en *a*, mais en inversant le sens du courant soit dans l'induit, soit dans l'inducteur, de façon à produire la rotation en sens inverse.

h) Diminuer progressivement la résistance jusqu'à sa suppression complète.

i) Shunter l'excitation pour augmenter la vitesse

La figure 35 indique les principales combinaisons précédentes.

Dans le deuxième cas, lorsque la voiture porte deux moteurs, en outre des combinaisons ci-dessus, on obtient d'autres variations en couplant, soit en série, soit en parallèle, les deux moteurs.

Dans ce cas les différentes combinaisons employées sont le plus souvent les suivantes :

1° Pour mettre en marche.

a) Envoyer le courant dans les deux moteurs, placés en série, à travers une résistance.

b) Diminuer progressivement cette résistance jusqu'à suppression.

c) Shunter les excitations pour augmenter la vitesse.

d) Mettre les deux moteurs en parallèle avec une résistance en circuit.

e) Diminuer cette résistance jusqu'à suppression.

f) Shunter les excitations.

2° Pour arrêter.

Mêmes combinaisons en sens inverse jusqu'à rupture du courant.

3° Pour faire frein.

g) Le courant de la ligne étant coupé, fermer le circuit des deux moteurs mis en parallèle sur une résistance en inversant le sens du courant des induits par rapport aux inducteurs.

h.) Diminuer progressivement la résistance en circuit

i.) Shunter les inducteurs pour modérer l'action du frein.

4° Pour faire marche arrière.

Mêmes combinaisons que pour mettre en marche, seulement en renversant le sens du courant soit dans les induits, soit dans les inducteurs.

La figure 36 montre les différents couplages ainsi obtenus :

On peut se rendre compte que, lorsque les moteurs sont en série, la différence de potentiel aux deux bornes extrêmes de chaque moteur est, au maximum, la moitié de la différence de potentiel de la ligne (en ne tenant pas compte de la résistance intercallée) et que, par conséquent, la vitesse des moteurs est réduite.

Au contraire, lorsque les deux moteurs sont en parallèle, la différence de potentiel aux deux bornes de chacun d'eux est égale à la différence de potentiel de la ligne et leur vitesse est maxima.

Le régulateur doit être disposé de telle façon que les manœuvres en soient aussi simples que possible : des appareils très usités et presque tous de marque américaine, comportent la manœuvre faite par un grand le-

vier, auquel est coujugué un autre petit levier, ce dernier produisant soit la marche en avant, soit la marche en arrière, et le grand levier déterminant les différents

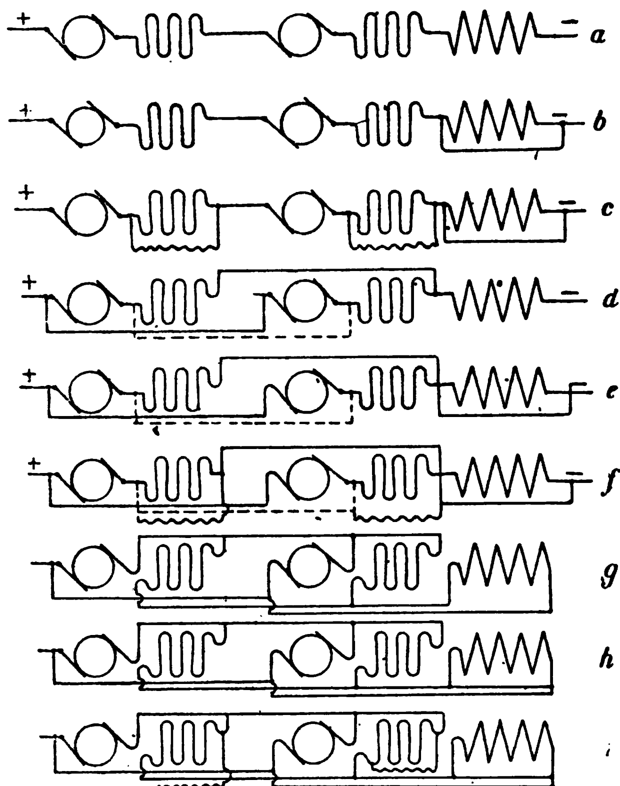


Fig. 36. — Schema de couplage pour 2 moteurs.

couplages des moteurs ; dans ces appareils la marche arrière ou la marche avant se produisent assez facilement ; mais il n'en est pas de même du freinage électrique, qui,

lui, doit pouvoir s'effectuer avec une grande rapidité et sans hésitation ; pour le produire étant en marche, il faut ramener le grand levier au zéro, placer le petit lévier sur marche arrière, puis enfin pousser le grand levier sur le frein ; il faut une certaine habitude pour faire rapidement cette manœuvre ; en outre, les deux mains du conducteur sont nécessaires : par suite, il ne peut agir en même temps sur le frein mécanique. Nous préférons les régulateurs dans lesquels toute la manœuvré se fait par un seul levier, ou un seul volant, laissant la marche arrière indépendante. Dans ces appareils dont nous avons combiné un modèle pour le tramway de la place de la République à Romainville, le conducteur a un seul levier sous la main ; lorsqu'il le pousse en avant, il produit l'avancement de la voiture ; si, au contraire, il le tire à lui, il produit un freinage d'autant plus énergique qu'il le ramène plus loin en arrière ; il peut manœuvrer ce levier de sa seule main gauche, la main droite restant libre pour agir sur le frein mécanique.

Le levier de changement de marche, sur lequel on ne doit agir qu'exceptionnellement et *la voiture étant arrêtée*, est placé sur le côté, à gauche du régulateur, à côté d'autres leviers permettant la mise hors circuit de l'un ou l'autre des deux moteurs de la voiture.

Une des difficultés qui se présente dans les régulateurs consiste à rompre convenablement le courant d'alimentation de la voiture, surtout lorsqu'il atteint une certaine intensité, car, dans ce cas, il se produit une étincelle qui persiste et s'éteint difficilement, on y arrive de deux manières différentes : en produisant

une rupture rapide et de grande étendue, ou en rompant le circuit en un grand nombre de points ; néanmoins, il se produit encore une étincelle assez forte qui détériore rapidement les surfaces de contact. On brise cette étincelle en employant le souffleur magnétique ; cet appareil consiste en un simple électro-aimant entre les pôles duquel on fait produire l'étincelle de rupture, le courant à couper passant dans la bobine qui le forme.

Lorsque l'on coupe ce courant ou qu'on lui fait subir une variation brusque, il se produit, dans la bobine un extra-courant très énergique d'où résulte une forte aimantation des pièces polaires, le courant se trouvant dans le champ magnétique engendré est vivement repoussé, par suite allongé, ce qui produit la rupture.

Prise de courant. — Le courant produit par l'usine peut être amené de plusieurs manières à la voiture; dans les canalisations souterraines ou au niveau du sol, il est recueilli par des frotteurs placés au-dessous de la voiture et constitués généralement, pour les systèmes à conducteur souterrain, par une tige pénétrant par une rainure dans le caniveau contenant le conducteur, cette tige se terminant par un frotteur venant s'appuyer sur le cable. Dans les systèmes à prise de courant au niveau du sol, le frotteur est le plus souvent constitué par une barre ou une série de barres métalliques venant appuyer sur le sol.

Ces différentes prises de courant varient avec les systèmes employés et nous les décrirons plus en détail dans la seconde partie de cet ouvrage.

Dans les canalisations à fil aérien, les différents sys-

tèmes de prise de courant varient beaucoup moins et la plus répandue est celle dite à Trolley. Le Trolley proprement dit est constitué par une roulette métallique fixée à l'extrémité d'une perche montée à la partie supérieure de la voiture. La perche est articulée à sa partie inférieure et des ressorts la maintiennent de façon à ce que la roulette soit toujours appuyée sur le cable. Les figures 37 et 38 représentent un type de trolley et son support (systéme Anderson).



Fig. 27.
Trolley Anderson, Perche et Trolley.

Dans d'autres systèmes, on a remplacé le gallet par une simple glissière ou frotteur ; pour en diminuer l'usure on le garnit souvent d'un métal mou, ou bien, simplement, on le munit d'un graisseur qui lubréfie continuellement les surfaces au contact.

Un troisième système est appelé système à archet, il est très employé en Allemagne, il consiste en un frotteur formé d'une sorte de rouleau horizontal supporté par deux bras fixés à la voiture, le frotteur supérieur est formé d'un tube en forme de V garni d'un métalantifriction. Ce frotteur est assez large pour permettre une certaine latitude dans la pose du cable, ce qui n'est pas possible avec la roulette ou le frotteur.

Dans le système à Trolley, le cable doit suivre exactement l'axe de la voie sous peine de voir dérailler sou-

vent la roulette ; cette condition peut se remplir facilemenl dans les alignements droits, mais il n'en est pas de même dans les courbes où l'on est obligé de multiplier les points de support et de remplacer la courbe

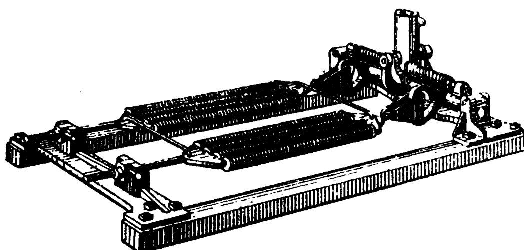


Fig. 38. — Trolley Anderson, support de la perche.

par un polygone qui lui est inscrit ; en outre, dans les courbes on doit rapprocher la ligne aérienne de l'intérieur, car, si elle se trouvait dans l'axe de la voie, le frottement de la poulie sur le cable serait considérable ; au contraire, si la ligne est montée en se rapprochant de l'intérieur de la courbe, la poulie et son support peuvent prendre une position parallèle à la tangente de la courbe et le frottement est diminué considérablement.

Avec les prises de courant à archet il n'en n'est pas de même, car, la largeur du frotteur étant relativement grande, le cable peut être désaxé, on le place même légèrement en zigzags pour que le frotteur ne s'use pas toujours à la même place. L'obligation de faire suivre au conducteur l'axe de la voie oblige souvent à des supports très nombreux ce qui donne un aspect peu gracieux aux lignes aériennes. Pour y remédier, on a cherché à reporter le cable sur le côté de la voie, dans ce cas, le support du trolley est fixé sur le côté de la voiture et il est articulé de façon à pouvoir s'incliner

perpendiculairement à l'axe du véhicule de telle sorte que la roulette puisse suivre une ligne placée sur le côté de la voie, c'est le système Dickinson. Quelque soit le système de prise de courant adopté, il doit être tel que le contact soit toujours parfait et que le circuit ne soit jamais interrompu par suite de soubresauts ou de mauvais contacts.

Les parties de la prise de courant, en communication avec la ligne, doivent être isolées avec le plus grand soin de la masse de la voiture et cela d'autant plus que ces parties sont plus exposées aux intempéries.

La communication électrique du frotteur avec le régulateur doit être aussi parfaite que possible et à l'abri des avaries.

En général, à la prise de courant est assujetti un conducteur qui vient aboutir à un interrupteur placé près du conducteur de la voiture, de là le courant passe dans un fil de sureté, constitué par un fil de cuivre de faible diamètre, et calculé pour fondre lorsque l'intensité devient assez forte pour compromettre les moteurs.

Il faut toujours placer le fil de sureté après l'interrupteur, pour que, lorsque l'on est obligé de remplacer ce fil on puisse interrompre le courant et que l'on ne courre aucun danger. Du fil de sureté le courant est envoyé au régulateur.

L'éclairage de la voiture doit être pris avant l'interrupteur et être commandé par un interrupteur spécial et un fil sureté, de sorte que la voiture ne soit pas plongée dans l'obscurité, lorsque l'on est obligé d'interrompre le courant pour une cause ou pour une autre.

USINE GÉNÉRATRICE

L'usine génératrice doit être établie de préférence vers le milieu de la ligne, de sorte que les canalisations en partant soient le plus courtes possible et que, par suite, la perte de charge soit réduite au minimum.

La puissance de l'usine doit être calculée de telle sorte que, non seulement elle puisse faire face aux besoins du trafic prévu, mais encore qu'elle puisse supporter une augmentation passagère de ce trafic.

Le service que doit faire une usine desservant une ligne de tramways électriques étant un service public, cette usine doit être prévue de façon qu'en aucun cas le service ne soit interrompu ; à cet effet, il est bon d'avoir des machines de secours prêtes à marcher dès qu'il se présente une avarie aux machines, en fonctionnement. On admet généralement que ce secours doit être le tiers de la puissance normalement nécessaire. Ainsi dans une usine dans laquelle on a prévu deux groupes de machines de 150 chevaux, on doit avoir, comme réserve, un troisième groupe de 150 chevaux également.

Calcul de la puissance de l'usine. — Pour calculer la puissance normale nécessaire dans une usine devant alimenter une ligne d'un profil déterminé, on commence par se rendre compte du trafic, et, par suite, du nombre de voitures à mettre en service et de l'importance de ces dernières ; ce nombre de voitures est fonction de la vitesse, de la longueur de la ligne et de la fréquence des départs. Soit N ce nombre de voitures ;

On calcule la puissance moyenne absorbée par une voiture en prenant les puissances nécessaires en chaque point du profil, on multiplie par le temps pendant lequel la voiture absorbe cette puissance, on additionne tous les watts-heure trouvés, et on divise la somme par le temps total : on obtient ainsi un nombre de watts représentant la puissance moyenne absorbée par une voiture. Le chiffre obtenu correspond à la puissance nécessaire aux jantes des roues de la voiture ; il faut, pour avoir la puissance à l'usine, l'augmenter d'une valeur correspondant à la perte de puissance due aux rendements des moteurs des voitures et de la ligne. Si, par exemple, on a trouvé que la puissance moyenne nécessaire par voiture était de 8 chevaux à la jante, ce qui correspond à 5.888 watts, le rendement des moteurs et de leurs engrenages étant de 70 p. 100, l'énergie à fournir à ces derniers sera :

$$E = \frac{5.888 \times 100}{70} = 8.411 \text{ watts.}$$

Si maintenant le rendement de la ligne est de 85 p. 100, l'énergie W à fournir au départ de l'usine par voiture sera

$$W = \frac{8.411 \times 100}{85} = 9.895 \text{ watts.}$$

Si la ligne comporte 10 voitures en service, cette énergie sera de 98.950 watts, ce qui exigera sur la poulie des dynamos, ces dernières étant supposées avoir un rendement de 90 p. 100, une puissance de 109.940 watts ou 149 chevaux.

Cette puissance ainsi obtenue n'est qu'une puis-

sance moyenne, c'est celle pour laquelle les machines doivént avoir le meilleur rendement, mais, dans une ligne à traction mécanique, on n'est pas maître du moment où se produisent les démarrages, ni des efforts à exercer dans les rampes maxima : il faut donc que les moteurs puissent fournir la puissance nécessaire aux plus mauvaises conditions. Pour être certain de se trouver dans ces limites, on calcule de la même façon la puissance maxima nécessaire à une voiture, au lieu de la puissance moyenne ; on suppose que toutes les voitures font cet effort maximum au même moment et on en déduit la puissance maxima que les moteurs doivent pouvoir donner. Pour des voitures d'un poids moyen de 10 à 12 tonnes, marchant à la vitesse de 12 kilomètres, la puissance moyenne nécessaire à l'usine varie entre 8 chevaux pour les lignes peu accidentées et 12 pour les lignes présentant des rampes assez prononcées.

Une fois la puissance de l'usine calculée on détermine les éléments qui doivent la constituer, pour cela, nous supposerons qu'il s'agisse d'une usine à vapeur.

Générateurs. — Les chaudières à vapeur employées en traction électrique peuvent être quelconques, la seule condition qu'elles aient à remplir est d'avoir un grand réservoir de vapeur, de façon à pouvoir toujours fournir la vapeur demandée par les machines malgré les à-coups qui peuvent se produire. On doit donc employer de préférence des chaudières horizontales semi-tubulaires et à bouilleurs présentant un grand volume, les chaudières multitubulaires qui ont l'avantage d'avoir une grande surface de chauffe ne présentent en

général pas un volume assez grand ; lorsqu'il se produit un appel un peu considérable de vapeur, elles se vident et il se fait des entraînements d'eau qui peuvent devenir dangereux pour les machines à vapeur, on ne doit donc les employer que quand les circonstances locales ne permettent pas de faire autrement, ce qui arrive lorsque l'on se trouve entouré de maisons d'habitation et que les chaudières ordinaires se trouveraient classées dans une catégorie exigeant leur éloignement des maisons.

Le service des tramways devant toujours être assuré sans arrêts et ces chaudières demandant des nettoyages fréquents, il est bon de les prévoir très largement afin de pouvoir toujours en immobiliser une pour ce nettoyage, tout en assurant le service complet.

Leur tuyauterie doit être établie de façon que l'on puisse facilement et rapidement substituer une chaudière à une autre, cette tuyauterie doit être sectionnée par des vannes permettant d'en isoler des parties sans interruption complète dans le cas d'accident à cette partie : rupture de joint, déchirement, etc.

La pression à adopter dépend des machines à vapeur.

Machines à vapeur. — On calcule la puissance totale nécessaire comme nous l'avons déjà vu ; les machines à vapeur doivent donc pouvoir produire cette puissance. On a trouvé, dans ces calculs, une puissance moyenne et une puissance maxima ; ces machines doivent être construites de façon à donner la puissance moyenne dans les meilleures conditions de rendement, tout en étant capables de pouvoir développer, à un mo-

ment donné, la puissance maxima. Généralement on leur fait donner la puissance moyenne avec une admission de 10 à 15 p. 100 ce qui permet le plus souvent d'avoir une puissance double avec l'admission complète.

Tous les types de machines conviennent pour la traction électrique, elles doivent seulement avoir un régulateur agissant très vite, car les variations de charge sont continuelles et souvent très grandes, il n'est pas rare de voir la charge passer brusquement de zéro à la puissance maxima, et, malgré cela, la vitesse ne doit pas varier sensiblement, une bonne machine ne doit pas donner, en passant, de pleine charge à zéro ou réciproquement, des variations de vitesse dépassant 2 p. 100 en plus ou 2 p. 100 en moins de la vitesse normale. On arrive à ce résultat en employant des régulateurs très sensibles et, surtout, en ayant des volants très lourds.

On détermine la puissance de chaque machine d'une usine devant donner une puissance totale déterminée, de façon que l'on ait au moins un tiers de rechange : par exemple on a besoin de 200 chevaux, on pourra installer 3 machines de 100 chevaux dont deux seraient au service courant et une de rechange, et encore, ce qui sera mieux et permettra un agrandissement, on emploiera 2 machines de 200 chevaux dont l'une sera en service et l'autre de rechange.

D'autres considérations peuvent quelquefois guider dans le choix des unités à employer, en particulier, lorsque le service à faire est variable ; si, par exemple, à certaines heures de la journée, on doit faire le service

avec un certain nombre de voitures,et à d'autres heures avec un plus grand nombre de véhicules, dans ce cas il est presque toujours économique d'avoir deux machines de service, l'une pouvant faire le service restreint et les deux réunies le service complet, une troisième machine capable de faire le service restreint étant de réserve.

En un mot, il n'y a pas de règle bien fixe pour déterminer la puissance des groupes : on se guide sur les circonstances locales, sur les besoins de l'exploitation, etc.

Dans presque toutes les installations existantes, les moteurs employés sont des machines horizontales commandant par courroies les dynamos; quelques usines cependant comportent des machines verticales à grande vitesse attelées directement sur les dynamos.

Ce sont presque toujours des machines à condensation pour avoir une dépense de combustible aussi faible que possible.

On peut employer la condensation, même lorsque l'on n'a pas une grande quantité d'eau à sa disposition, en se servant toujours de la même eau que l'on fait refroidir au moyen de réfrigérants; ces appareils sont de plusieurs types, mais deux sont particulièrement usités.

L'un consiste en une sorte d'étagère garnie de fascines sur lesquelles on fait couler l'eau chaude provenant de la condensation : cette eau tombant ainsi d'étage en étage, se refroidit au contact de l'air et étant recueillie à la partie inférieure dans un bassin, elle peut servir de nouveau pour la condensation, il n'y a qu'à remplacer les pertes dues à l'évaporation.

Dans le second système, l'eau chaude est refoulée

sous pression dans une série de tuyaux horizontaux, munis d'ajutages par lesquels l'eau jaillit sous forme de pluie et se refroidit ainsi au contact de l'air.

La tuyauterie qui réunit les moteurs aux générateurs doit être faite, autant que cela est possible, en double, de façon que le service soit toujours assuré.

Une bonne disposition, quand la place le permet, consiste à placer la salle des machines parallèlement à la chambre de chauffe, le collecteur de vapeur se trouve ainsi placé parallèlement à la tuyauterie principale des machines à vapeur, il suffit alors de les réunir par les deux extrémités et de placer une vanne entre chaque chaudière et chaque machine à vapeur. En cas d'accident on peut alors isoler complètement soit une chaudière soit une machine sans que le service en souffre, en outre la tuyauterie tout en présentant une grande sécurité est réduite au minimum.

Machines électriques. — Les machines dynamo-électriques sont presque toujours en même nombre que les machines à vapeur et chacune d'elle est commandée par une de ces dernières : par conséquent leur puissance doit être de même valeur que celle de la machine à vapeur correspondante.

Les machines électriques doivent donc présenter la même élasticité que les machines à vapeur, puisqu'elles ont à subir les mêmes variations d'intensité, on doit donc employer des machines à excitation compound; dans certains cas même, on va plus loin, et l'on emploie des machines hypercompound, c'est-à-dire dans lesquelles le voltage monte légèrement avec l'intensité,

de façon à compenser la perte de charge qui se produit dans la ligne par suite de l'augmentation d'intensité, il est toutefois bon de pouvoir régler l'action du gros fil : à cet effet on le shunte au moyen d'une résistance que l'on peut faire varier à volonté ; plus la résistance du shunt est faible, plus l'action du gros fil est diminuée.

L'isolement des différents organes de la dynamo doit être très bon, car, dans une ligne de tramways, un des pôles est presque toujours relié à la terre, il est donc prudent, quelque soit le soin avec lequel la dynamo est construite, d'isoler le bâti de la terre. Toutes les parties des dynamos doivent être très robustes et, en particulier, la partie mécanique ; les paliers doivent présenter une portée suffisante et être munis d'un graissage continu ; les paliers graisseurs à bagues sont les plus employés actuellement et donnent de bons résultats. Les balais sont maintenant presque toujours constitués par des frotteurs en charbon ; avec ces frotteurs les collecteurs se maintiennent très longtemps en bon état, et, lorsque le calage est bien fait, on arrive à supprimer complètement toutes traces d'étincelles.

Les machines employées sont le plus souvent multipolaires de sorte que les variations de calage pour les variations d'intensité sont très faibles, ce qui est une très bonne condition pour les dynamos desservant un tramway électrique.

Tableau. — L'usine doit comporter un tableau de distribution permettant de faire toutes les manœuvres utiles pour la mise en marche et l'arrêt des machines

électriques ainsi que pour leur couplage, il doit en outre comporter tous les appareils de mesure, de contrôle et de sécurité nécessaires. Il doit être aussi simple que possible et disposé de façon que toutes les manœuvres puissent se faire rapidement et sans erreur.

Les machines électriques employées pour la traction électrique sont presque toujours des machines compound et leur mise en parallèle est assez délicate, car il faut éviter le renversement de l'une dans l'autre. Ce tableau de distribution doit donc être disposé pour que ce couplage se fasse simplement et sans danger. Une bonne disposition à adopter est la suivante : une ou plusieurs machines étant en marche, nous supposerons qu'on veuille mettre en service une nouvelle machine. On commence par mettre en marche cette nouvelle dynamo ; lorsqu'elle a atteint sa vitesse de régime, on envoie dans son fil fin d'excitation une dérivation du courant principal produit par les autres machines, on règle l'intensité de ce courant au moyen du rhéostat d'excitation jusqu'à ce que le voltage aux bornes de la dynamo soit le même que celui des autres machines. On met en communication le fil de compensation des dynamos en service avec le balai de la nouvelle machine, se trouvant entre l'induit et le gros fil du compound, on met ensuite l'autre extrémité de ce gros fil en communication avec le pôle correspondant de la ligne, ce gros fil se trouve alors en dérivation avec les autres gros fils des machines en service, on règle de nouveau le voltage et on met en communication l'autre pôle avec la ligne.

Soit, par exemple, figure 39, trois machines A, B

et C, les machines A et B sont en service : on veut mettre en parallèle avec elles la machine C ; l'opération doit se faire de la façon suivante : on commence par fermer l'interrupteur *a* ce qui met en dérivation le fil fin avec les barres + et —, puis, en agissant sur le commutateur de shunt *r* on règle le voltage ; on ferme ensuite *b*, le gros fil se trouve en dérivation entre

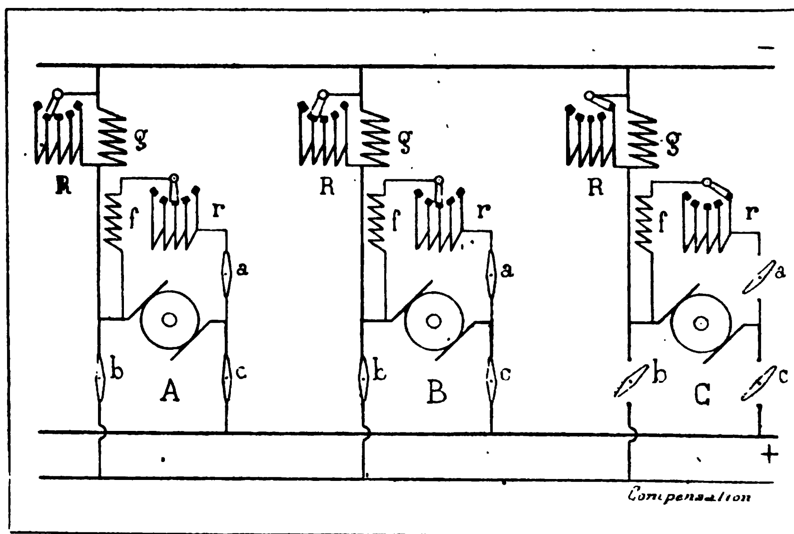


Fig. 39. — Schema d'un tableau de distribution.

la barre — et la barre de compensation, il passe donc dedans une partie du courant principal; on équilibre de nouveau les machines en agissant sur *r* et finalement on ferme *c* : la dynamo se trouve alors en service.

On voit que, dans un tableau, il est bon de disposer un voltmètre directement aux bornes de chaque ma-

chine, de façon à pouvoir régler le voltage au moment de la mise en marche; en outre, chaque machine devra également comporter un ampèremètre de manière à permettre d'égaliser les débits.

Pour que toutes les manœuvres puissent se faire au tableau on devra y amener les deux extrémités du gros fil, ainsi qu'une communication avec l'autre pôle; une des extrémités du fil fin doit également y aboutir en passant par le rhéostat de réglage.

Le tableau doit comporter également un rhéostat permettant de shunter plus ou moins le gros fil des dynamos de manière à en modérer l'influence.

Dans le cas de ligne aérienne, il doit être muni de parafoudres et en tous cas de disjoncteurs coupant la ligne quand l'intensité ou le voltage deviennent dangereux.

Il est bon de le munir d'appareils enregistreurs tels que voltmètre et ampèremètre, ce qui permet de suivre complètement la marche d'une usine.

EXPLOITATION

Le grand avantage de la traction électrique est son élasticité: dans l'exploitation on doit donc lui conserver ce caractère. A notre avis les tramways électriques doivent offrir des voitures passant souvent et marchant rapidement, néanmoins on doit tenir compte des circonstances locales. L'exploitation peut se faire par des voitures automobiles seules, ou par des voitures automobiles remorquant une ou plusieurs voitures d'atte-

lage. Dans le cas de fortes rampes, le premier système seul est appliquable, parce que le poids adhérent peut devenir insuffisant pour remorquer la charge totale ; au contraire, dans les lignes peu accidentées l'emploi de voitures de remorque est souvent avantageux, il procure une économie de personnel, et en pratique, contrairement à ce que démontre la théorie, l'effort de traction total à exercer pour une voiture automobile remorquant une voiture de même poids, n'est pas le double de l'effort nécessaire pour cette voiture automobile seule.

Quelquefois on n'emploie des voitures d'attelage que sur les parties du parcours où le trafic est le plus intense.

Le nombre de voitures à mettre en service est déterminé par l'horaire, par la vitesse et par la longueur de la ligne.

L'horaire est fixé généralement par le cahier des charges, il se déduit du nombre minimum de voyages par jour, que ce cahier des charges impose, généralement on augmente le nombre de départs aux heures d'affluence du public pour la réduire aux autres moments.

La vitesse maxima est également fixée par le cahier des charges, mais, pour déterminer le nombre de voitures, ce n'est pas d'elle qu'il faut tenir compte, mais bien de la vitesse commerciale. Dans une ville on peut admettre généralement pour cette dernière 80 p. 100 de la vitesse maxima ; la longueur de la ligne étant connue on en déduit la durée totale du trajet aller et retour.

A cette durée du trajet il faut ajouter le temps du stationnement, qui doit comprendre au moins le temps nécessaire pour faire descendre les voyageurs, pour tourner ou aiguiller la voiture, puis pour faire monter les voyageurs ; pour les moments d'affluence, ce qu'il faut toujours prévoir, on doit compter au moins sept minutes pour cela à chaque extrémité de la ligne. La durée du trajet total devra donc être augmentée de quatorze minutes.

En divisant le temps obtenu pour une course aller et retour compris l'arrêt, par le temps entre deux départs consécutifs de voitures, on obtiendra le nombre de véhicule à mettre en service.

Dans ce que nous venons de voir on suppose un service sans àc oups et très régulier, ce qui ne se présente pas dans la pratique. Il est toujours bon d'avoir au moins une voiture en stationnement à chaque extrémité de la ligne pour parer à toute éventualité. Les voitures restent ainsi en repos un peu plus longtemps après chaque course, ce qui fatigue moins le personnel et le matériel.

Dans le nombre total de voitures que doit comporter une ligne de tramways, il faut, outre la quantité nécessaire pour l'exploitation, en avoir comme réserve, de sorte que, si une voiture est avariée, on puisse la remplacer de suite sans ralentir le service, et de façon à permettre un entretien régulier du matériel. Pour les tramways électriques, cette réserve varie avec le nombre de voitures que comporte la ligne et ne lui est pas proportionnelle ; ainsi dans une ligne comportant quatre voitures, il en faudra au moins une de

réserve, soit 1/5 tandis que sur une ligne comportant 20 voitures, 2 de réserve seront suffisantes soit 1/10.

Lorsque l'on détermine le nombre de voitures à mettre en service, il faut aussi tenir compte de la puissance des unités mécaniques de l'usine, quand cela est possible,et,pour obtenir le meilleur rendement on doit mettre en service un nombre de voitures exigeant une puissance à peu près égale à la puissance de régime d'une ou plusieurs unités. Ainsi,par exemple, si chaque voiture prend une puissance de 10 chevaux et que chaque unité de l'usine corresponde à une puissance moyenne pour la marche dans les meilleures conditions d'économie de 100 chevaux, on devra pour avoir la plus grande économie de combustible mettre en service un nombre de voitures, multiple de 10, ou se rapprocher d'un multiple de ce nombre. En réalité,une machine de 200 chevaux pourra actionner plus de 20 voitures, car les efforts se répartissent d'autant plus également que le nombre de voitures est plus grand : on s'en rend facilement compte en se reportant aux diagrammes des figures 26, 27, 28, qui correspondent à un service avec 12, 6 et 2 voitures.

Lorsque la ligne est à double voie, l'exploitation est bien facilitée ; il n'en est pas de même lorsque cette ligne présente une voie unique avec garages ; dans ce dernier cas, l'intensité du trafic est limitée par l'écartement de ces garages, et il faut régler la vitesse des véhicules de telle façon que les croisements se fassent convenablement dans les garages sans qu'une voiture soit obligée d'attendre celle qu'elle doit croiser.En tous cas les croisements doivent être réglés d'une façon abso-

lue pour éviter les fausses manœuvres, surtout lorsque les voitures ne peuvent pas se voir d'un garage à l'autre.

Il est toujours bon de prévoir un nombre de garages supérieur à celui nécessaire pour le trafic nécessaire. Si,par exemple,le service doit se faire par quart d'heure, pour une vitesse de 12 kilomètres à l'heure,des garages espacés de 1.500 mètres seront suffisants pour le service normal, malgré cela il sera utile de n'espacer les garages que de 750 mètres ou même de 500 mètres de manière à permettre un service de sept minutes et demie en sept minutes et demie ou de cinq en cinq minutes.

Pour qu'une exploitation soit bonne et productive il faut qu'elle suive les besoins du public : il est donc nécessaire, lorsqu'on fait une demande en concession, de se réserver une certaine latitude : pour cela,en discutant le cahier des charges vous fixant un minimum de départs par jour, on tache que ce minimum corresponde à la plus petite demande du public, et lorsqu'il s'agit de faire accepter l'horaire par l'autorité compétente (la Préfecture de Police, à Paris) on ne porte sur cet horaire que les départs qui vous sont imposés par le cahier des charges, en se réservant de mettre en service un nombre plus grand de voitures lorsqu'il y aura affluence du public.Si l'horaire fixé comporte un départ toutes les dix minutes, on peut ainsi, au moment ou il y a beaucoup de monde, faire des départs plus fréquents, toutes les cinq minutes par exemple.

En résumé, l'exploitation doit être faite de façon, à donner toute satisfaction au public, à le transporter rapidement avec le moins d'attente possible, et cela

dans les conditions d'économie les plus grandes ; la traction électrique permet plus que tout autre d'arriver facilement à ce résultat, on doit donc profiter de ses avantages et ne pas les annihiler comme le font certaines compagnies croyant se trouver encore au temps des diligences.

DEUXIÈME PARTIE

Description des différents systèmes de traction électrique.

CANALISATION AÉRIENNE

Le système de traction électrique par canalisation aérienne est certainement le plus répandu actuellement, et c'est le plus ancien, tout au moins en Europe, où nous l'avons vu apparaître en 1881 à l'exposition d'électricité à Paris et en Allemagne sur une ligne de 3.600 mètres près de Berlin à Lichterfelde; cette ligne a été installée par la maison Siemens et Halske. En France, à part quelques petites lignes d'expérience aux expositions, aucune ligne n'a été mise en exploitation sérieusement avant 1890. La première ligne installée industriellement a été celle de Clermont-Ferrand qui fut inaugurée en 1890. C'est donc ce tramway que nous allons décrire en première lieu.

Trâmway électrique de Royat à Clermont-Ferrand. — Ce tramway dont la concession a été donnée à M. Claret a été installé au point de vue électrique par

8.

la compagnie *L'Industrie électrique* de Genève. Il relie la station balnéaire de Royat à la place principale de Clermont-Ferrand (place de Jaude) et cette même place à la gare et au village de Montferrand. La longueur totale du réseau est d'environ 8 kilomètres. Le profil présente de fortes rampes car la différence de niveau entre Montferrand et Royat est de 114 mètres, et la rampe maxima est de 49,4 millimètres par mètre, en outre cette rampe se trouve à une extrémité du réseau en arrivant à Royat, et elle se présente sur une longueur d'environ 700 mètres. La ligne est partout à simple voie avec garages, elle est constituée par des rails Marsillon placés sur traverses, le gabarit de la voie est de 1 mètre.

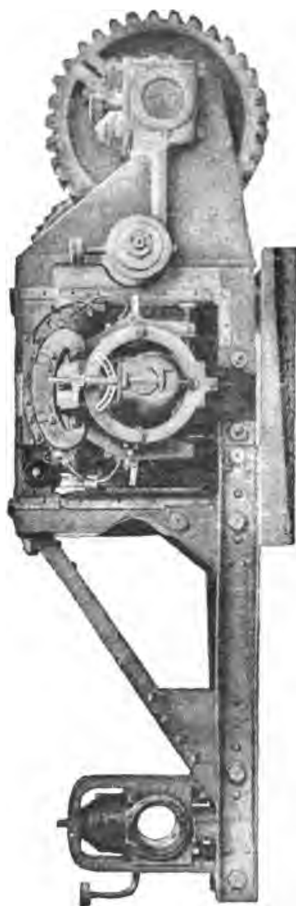


Fig. 40. — Moteur des voitures de Clermont-Ferrand.

Les voitures sont sans impériale et comportent 42



Fig. 41. — Tramways de Clermont-Ferrand.

places; elles pèsent en charge 9.400 kilogrammes. Chaque voiture est munie d'un moteur Thury de 25 chevaux dont le type est représenté par la figure 40, il actionne un essieu par une double paire d'engrenages. Pour augmenter l'adhérence, un seul essieu étant moteur, les deux essieux ont été réunis par une bielle qui les rend solidaires l'un de l'autre.

La vitesse de marche est de 15 kilomètres dans la ville et de 20 kilomètres hors la ville.

La transmission du courant se fait à 550 volts au moyen d'un conducteur aérien. Ce conducteur est constitué par un tube en cuivre, de section rectangulaire, dans lequel glisse une navette, tirée par la voiture au moyen d'une corde et à laquelle est fixé un câble conducteur. La navette est formée par une bande de fer pointue à ses deux extrémités et sur laquelle sont fixés des sortes de marrons en cuivre assurant le contact. Le tube est soutenu par un câble en acier supporté lui-même par des consoles fixées à des poteaux disposés le long de la voie. La figure 41 montre un aspect de cette ligne de tramways. Depuis son inauguration cette ligne fonctionne à la satisfaction générale.

TRAMWAYS DE LA COMPAGNIE L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

A la suite de cette première installation de tramways électriques, la compagnie de l'Industrie électrique a construit un grand nombre d'autres lignes et a été ainsi amenée à modifier et à perfectionner son matériel.

Ligne aérienne. — Le tube de cuivre a été remplacé par un simple fil suspendu soit par des fils transver-

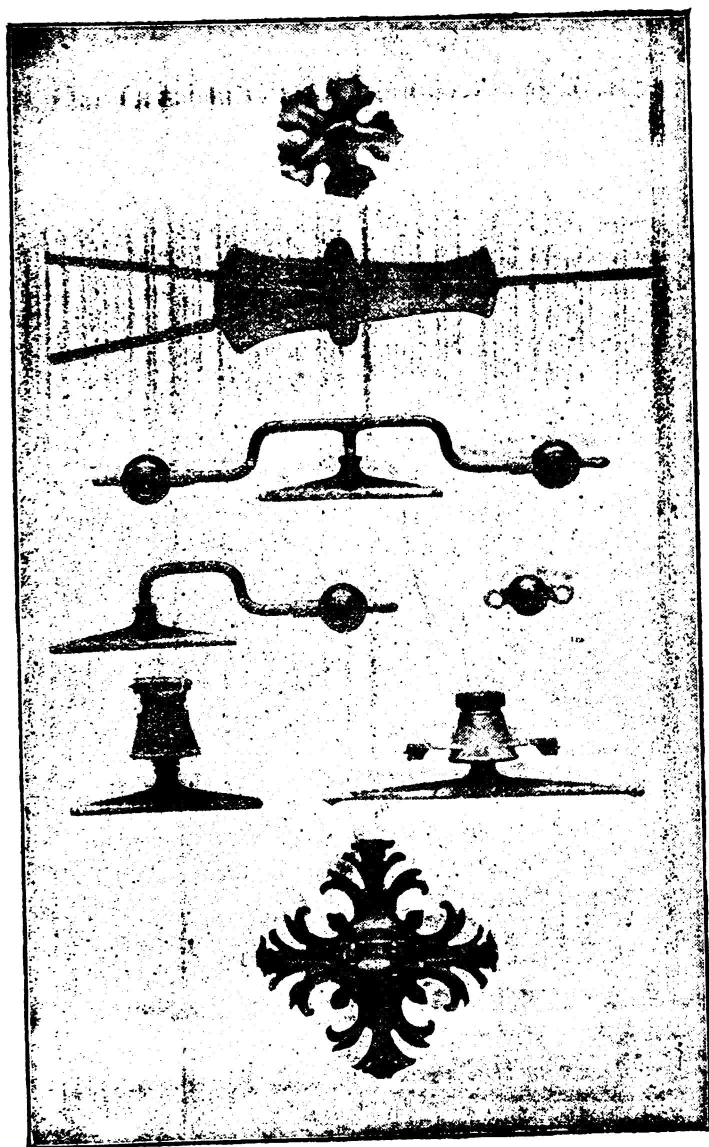


Fig. 42. — Appareils de suspension de ligne aérienne de la Cie *L'Industrie électrique*.

saux tendus en travers des rues de maison à maison, soit par des consoles supportées à l'extrémité de poteaux placés le long de la voie. La figure 42 montre les différents appareils adoptés pour supporter ce fil (scellement dans les maisons, croisements, supports de fil, sourdine, etc).

Stations génératrices. — Les machines électriques employées sont à enroulement compound, elles sont généralement auto-excitatrices et à 6 pôles du système Thury. La figure 43 en fait voir un spécimen. Les paliers sont à graissage automatique par bagues et les frotteurs sont en charbon. La vitesse de ces dynamos étant très restreinte on peut les accoupler directement avec des moteurs à vapeur des moteurs hydrauliques.

La tension employée varie entre 500 et 600 volts.

Voitures. — Les voitures sont d'un type quelconque, elles comportent généralement deux moteurs. Chaque moteur dont les figures 44, 45, 46 représentent les différents aspects est à 4 pôles dont 2 conséquents, il est complètement enfermé dans une enveloppe métallique constituant elle-même le circuit magnétique. Les pièces polaires formant noyaux d'électros, sont très courtes et noyées dans le bâti de façon à laisser le plus de place possible pour l'armature.

L'induit du type Gramme est très robuste, les conducteurs extérieurs sont noyés dans des rainures de façon à éviter leur détérioration. Le courant est recueilli par des frotteurs en charbon. La carcasse du moteur est formée de deux demi-boîtes séparées par un joint passant par l'axe. La moitié supérieure peut

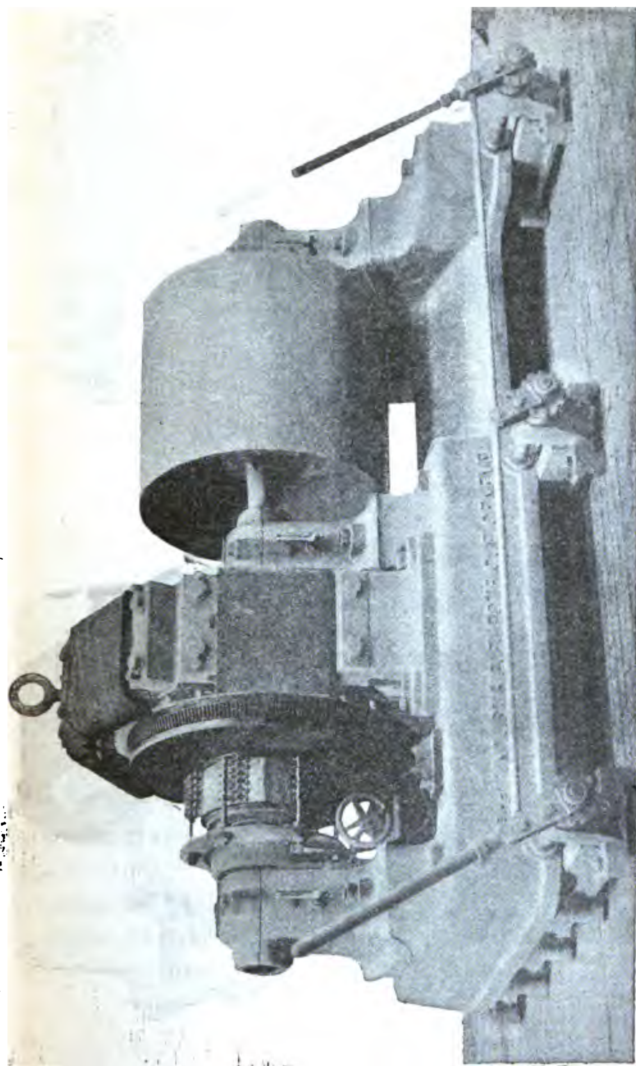


Fig. 43. — Génératrice de la Compagnie *L'Industrie électrique*.

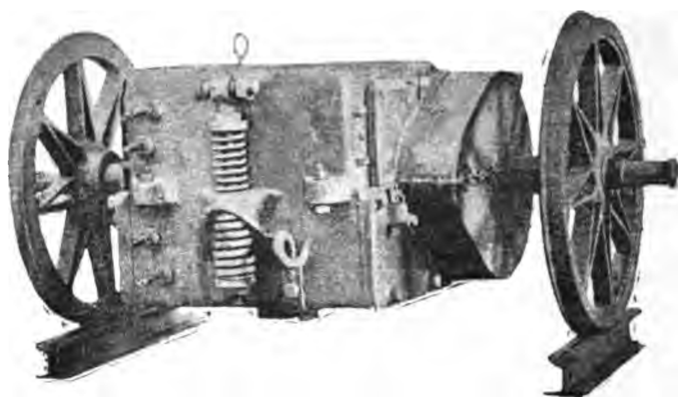


Fig. 44. — Moteur de *L'Industrie électrique*, monté sur l'essieu.

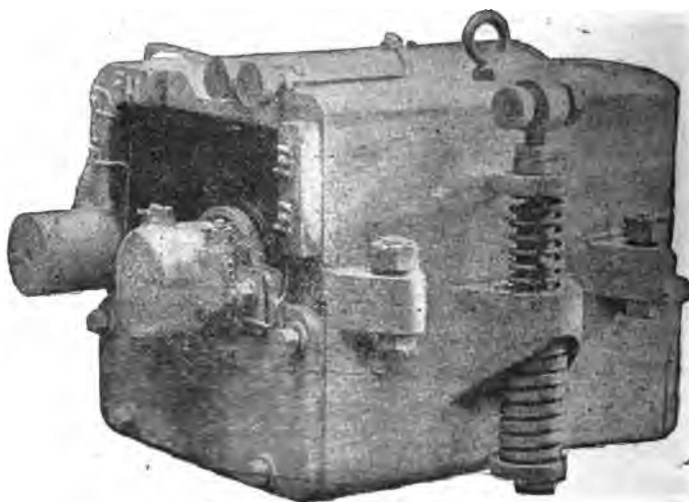


Fig. 45 — Moteur de *L'Industrie électrique* fermé.

pivoter autour d'une charnière de façon à permettre la surveillance et le démontage.

Le trolley est constitué par un frotteur en bronze porté à l extrémité d'une perche en bois pouvant pivoter

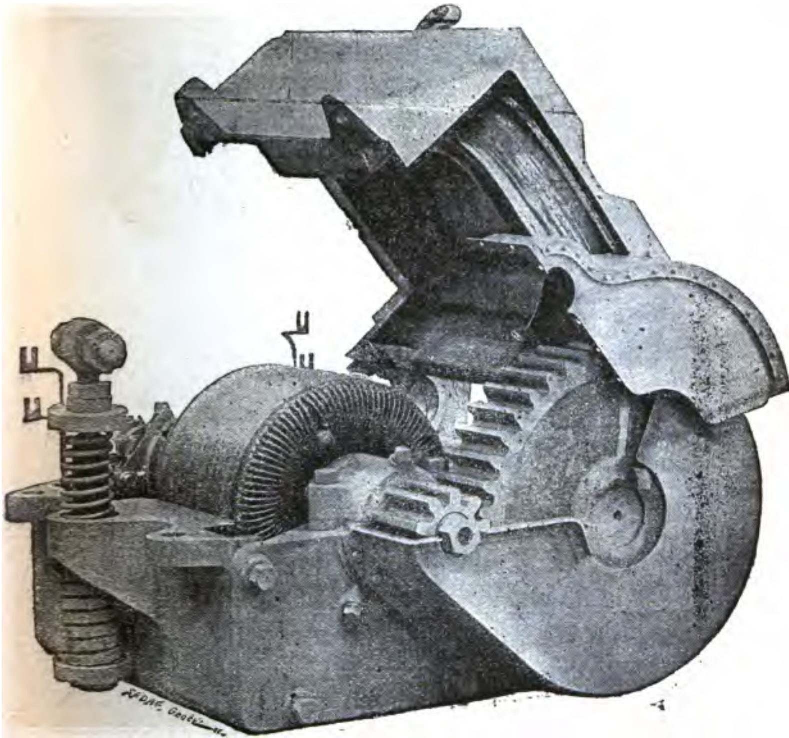


Fig. 46. — Moteur de *L'Industrie électrique*, ouvert.

à sa partie inférieure et que des ressorts de rappel tendent toujours à maintenir verticale. Un petit graisseur à graisse est fixé au frotteur de façon à lubréfier légèrement le contact.

Le régulateur dont la vue d'ensemble est représentée par la figure 47, est enfermé dans une boîte en fonte

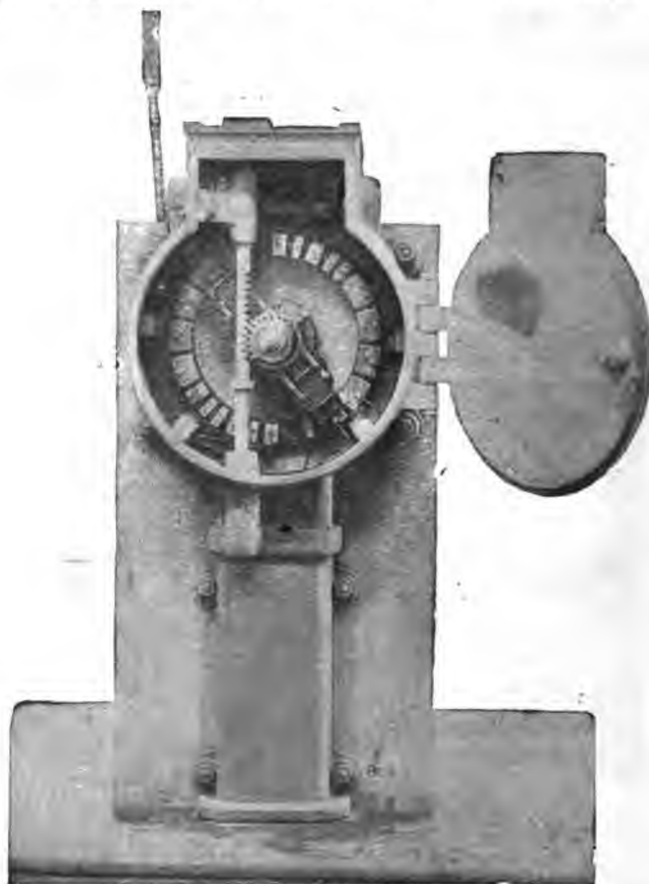


FIG. 47. — Régulateur de *L'Industrie électrique.*

placée sur la plateforme. Il se manœuvre au moyen

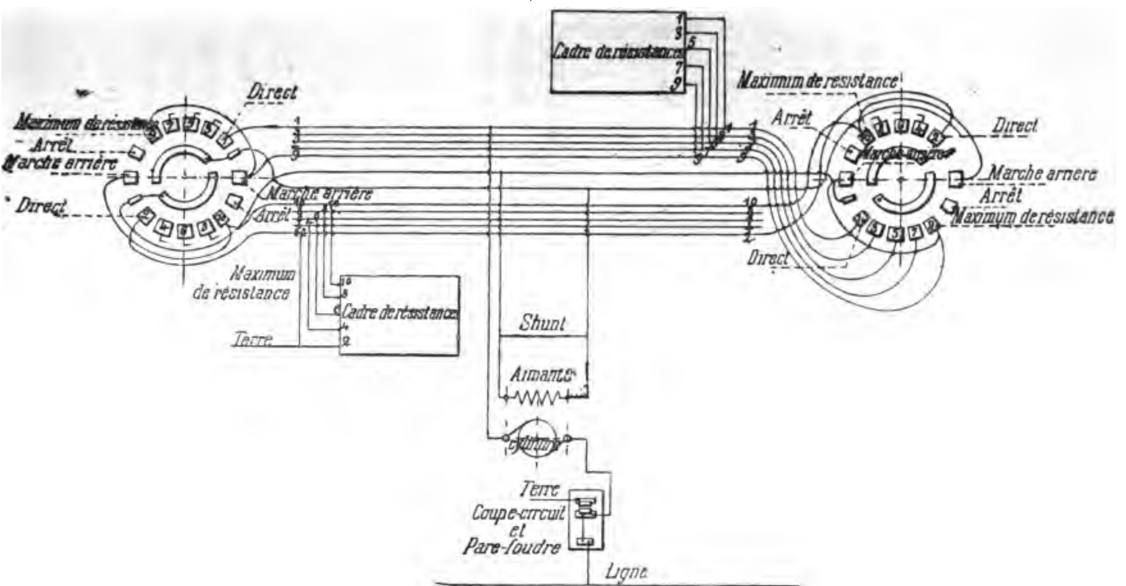


Fig. 48. — Schema des connexions du régulateur de la Compagnie *L'Industrie électrique*.

d'un levier agissant sur une crémaillère qui actionne un pignon calé sur l'axe de la manette d'un commutateur. Le réglage se fait en intercalant simplement des résistances dans le circuit, et lorsque la voiture comporte deux moteurs, ces deux moteurs sont toujours en parallèle. Cet appareil permet d'obtenir la mise en marche, l'interruption, le changement de marche et le freinage électrique. La figure 48 indique le schèma des connexions de cet appareil avec le moteur.

Parmi les lignes installées par la compagnie de l'Industrie électrique, nous citerons en particulier la ligne du tramway électrique de Genève (Champel-Saconnex) exploitée par la Compagnie générale des Tramways suisses, et la ligne de Lyon à Ecully.

Tramways de Genève. — Cette ligne d'une longueur de 5.400 mètres est à simple voie avec garages, le profil en est assez accidenté il présente des rampes de 45 millimètres par mètre.

La voie est formée en partie de rails Marsillon, et en partie de rails à ornière. L'écartement est de 1 m. 44.

La particularité de cette ligne est que les machines motrices employées sont des turbines.

La station génératrice est installée dans le bâtiment des Forces motrices du Rhône à la Coulouvrenière. Deux dynamos type Thury hexagonal sont accouplées par manchon Raffard à deux turbines horizontales système Piccard fonctionnant sous une chute de 134 mètres. Les dynamos tournant à 325 tours par minute sont d'une puissance de 150 kilowatts. La figure 49 montre un groupe composé d'une turbine et d'une dynamo.

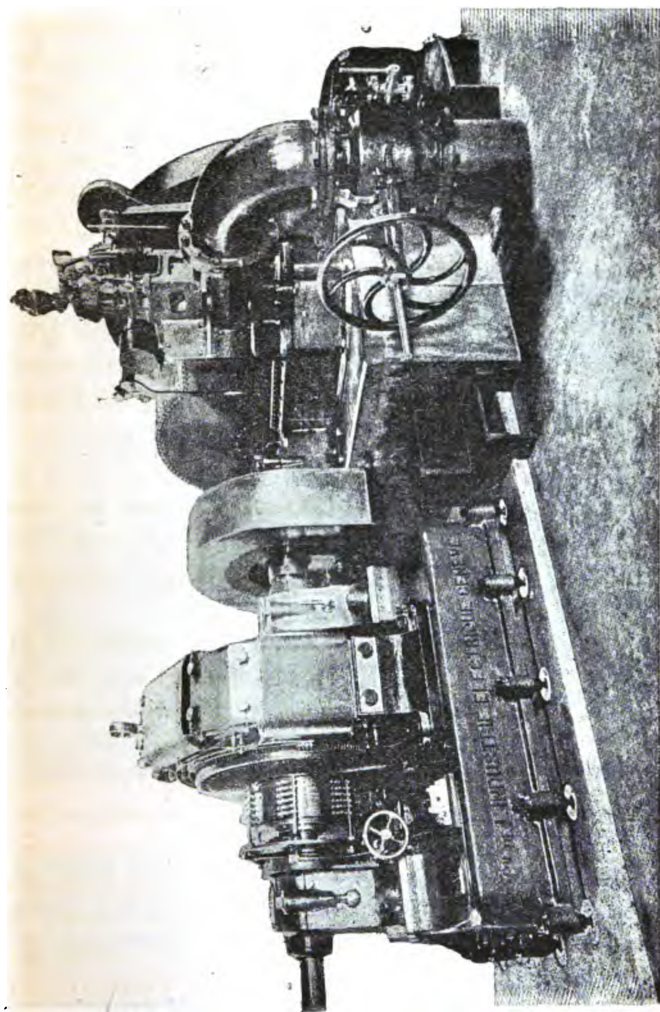


Fig 49. — Groupe générateur des tramways de Genève.

Le fil du trolley est constitué dans la ville par un fil en acier galvanisé de 7 millimètres de diamètre, et cela afin d'obtenir une ligne très solide ; en dehors de la ville on emploie un fil de cuivre de 8 millimètres de diamètre. De distance en distance ces fils sont alimentés par des dérivations prises sur un câble principal suivant la ligne.



Fig. 50. — Tramways de Genève.

Les voitures comportent 34 places, elles sont sans impériales. La voiture pèse à vide 4.700 kilogrammes, elle est à un seul essieu moteur actionné par un moteur de 15 chevaux.

Chaque plateforme comporte un régulateur de sorte qu'il est inutile de retourner la voiture à chaque extré-

mité de sa course, le conducteur n'a qu'à changer de plateforme. Les figures 50 et 51 font voir deux vues de cette ligne.

Tramway de Lyon à Ecully. — La ligne a une longueur de 3 kilomètres et présente des rampes de 68 mill. par mètre. Elle est construite en partie sur ac-



Fig. 51. — Tramways de Genève.

cotement, en voie de 1 mètre avec rails Marsillon.

La ligne aérienne est constituée par un fil de cuivre de 8 millimètres de diamètre.

L'usine génératrice comporte une machine à vapeur de 110 chevaux actionnant une dynamo Thury donnant le courant a la tension de 550 volts.

Les voitures comportent chacune 2 moteurs de 15 chevaux, elles offrent 34 places. La vitesse de marche est de 20 kilomètres en palier et de 15 kilomètres sur la plus forte rampe.

Les autres tramways ou chemins de fer électriques installés par la même compagnie sont :

Le tramway électrique de Stansstad-Stans, qui réunit la ville de Stans, canton d'Unterwald, au lac des Quatre-Cantons. La longueur de ligne est de 3.300 mètres, les voitures automobiles comportent un seul moteur de 15 chevaux.

Le tramway de Chavornay-Orbe (canton de Vaud) à voie normale de 1 m. 44, il a une longueur totale de 4.043 mètres ; la rampe maxima est de 25 millimètres par mètre. Le fil du trolley est en acier de 6 millimètres de diamètre. Les dynamos génératrices sont actionnées par des turbines. Le courant est fourni à 600 volts par des dynamos de 45.000 watts. Les voitures contiennent 45 places et sont pourvues de deux moteurs de 30 chevaux chacun, elles peuvent remorquer 30 tonnes d'autres voitures.

Le chemin de fer électrique du Salève est un chemin de fer à crémaillère du système Abt, la rampe maxima atteignant 25 p. 100. Le développement total de la ligne est de 9 kilomètres. La voie est construite à l'écartement de 1 mètre en rails Vignole. La prise de courant se fait sur un rail parallèle à la voie et placé à 50 centimètres du sol. La station génératrice comporte des turbines à axe vertical, et pouvant développer chacune 300 chevaux et actionnant des dynamos Thury à 12 pôles également à axe vertical.

Les voitures contiennent 40 places et comportent

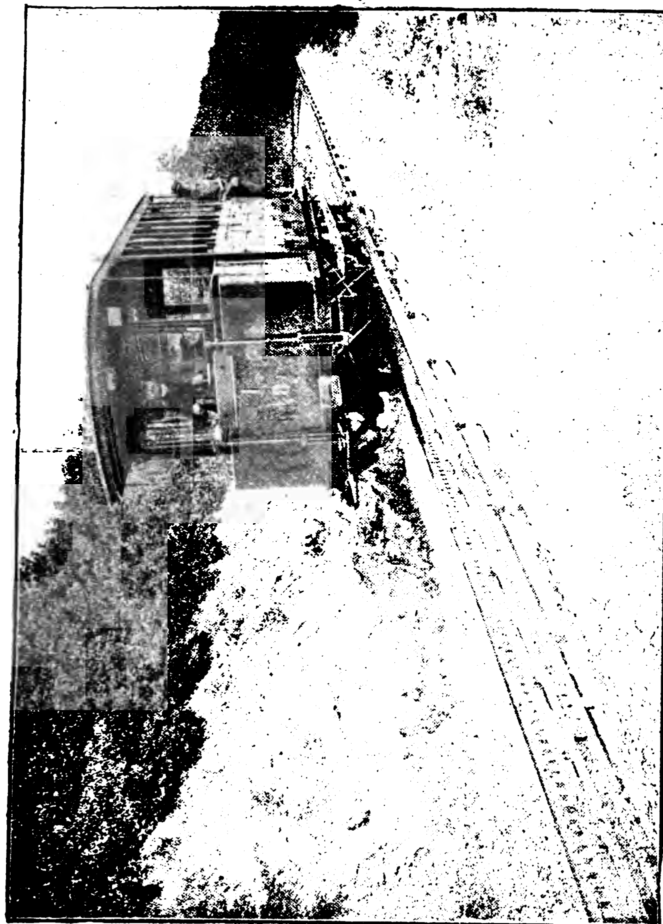


Fig. 52. — Chemin de fer du Salève

deux moteurs de 40 chevaux. La figure 52 montre l'aspect d'une voiture et de la ligne.

SYSTÈME THOMSON-HOUSTON

Ce système de tramways électriques à fil aérien

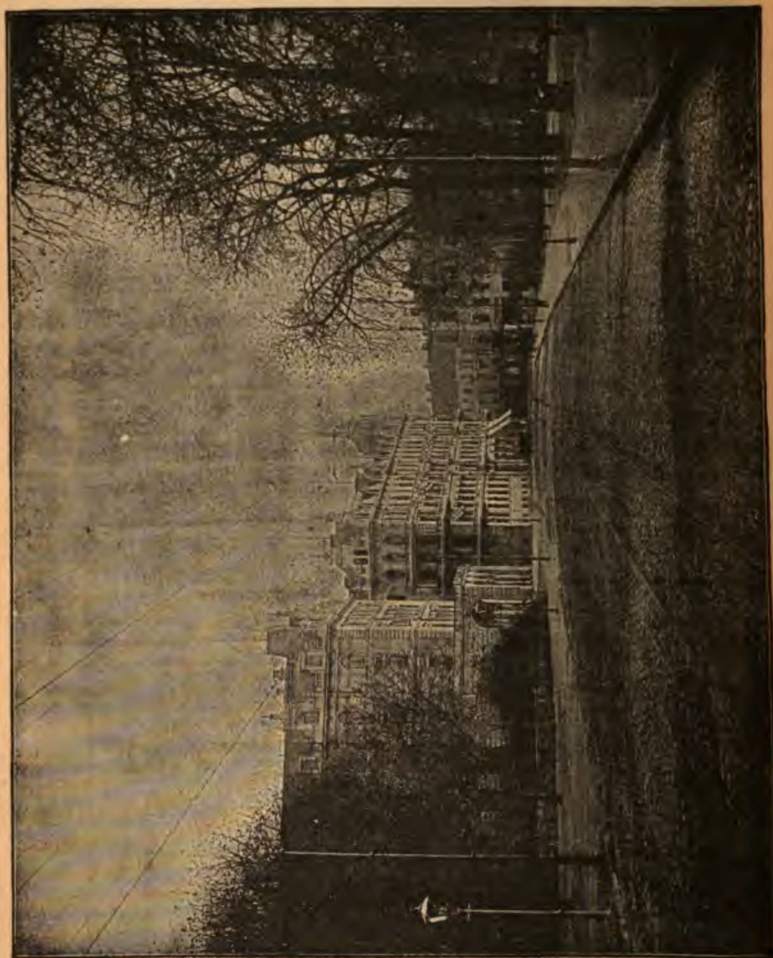


Fig. 53. — Tramways de Milan.



Fig. 54. — Tramways de Milan.



Fig. 55. — Tramways de Milan.

est certainement le plus répandu actuellement tant en France qu'à l'étranger. Le premier tramway électrique construit par cette compagnie qui fit son apparition en France est celui de Bordeaux, à la fin de 1893.

Ligne aérienne. — La ligne aérienne est constituée par un fil suspendu soit par des fils transversaux, soit à l'extrémité de consoles fixées sur des poteaux plantés le long de la voie. Les figures 53, 54 et 55 montrent la suspension par poteaux employée pour les tramways de Milan.

Stations génératrices. — La Compagnie Thomson-Houston emploie plusieurs types de machines génératrices, elles sont toutes à enroulement Compound, le type le plus usité est à 4 pôles, d'une puissance de 100 kilowatts. Ces machines donnent généralement un voltage de 500 à 600 volts.

Les figures 56 et 57 montrent un aspect du tableau de distribution.

Voitures. — Les voitures sont presque toujours montées avec 2 moteurs.

Ces moteurs sont de deux types différents, l'un dit type W-P (water-proof) est complètement enveloppé dans son inducteur comme le représente la figure 58, il est bipolaire, mais l'inducteur n'est excité que par une seule bobine.

L'autre, dit type G E 800 est à 4 pôles formés par deux bobines ; il est représenté sous deux aspects par les figures 59 et 60. Ces deux moteurs attaquent l'essieu par une seule paire d'engrenages. Le poids de

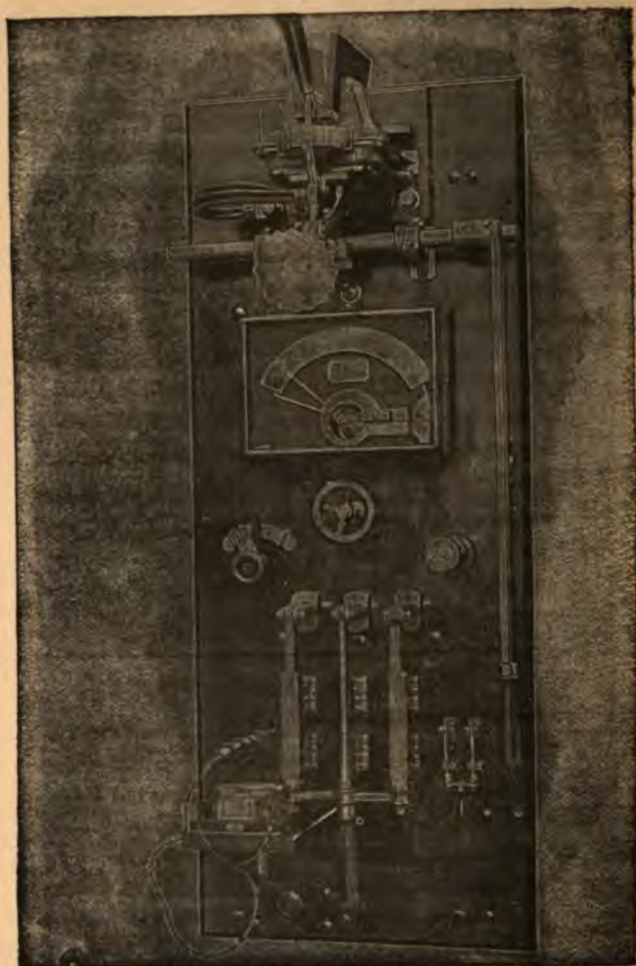


FIG. 56. — Tableau de distribution Thomson-Houston (vue de devant).

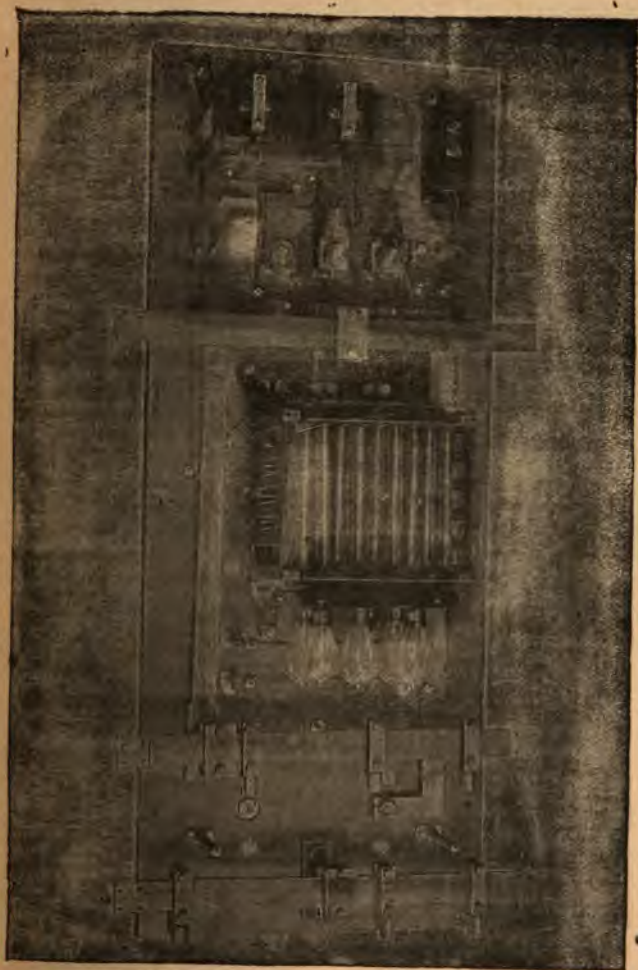


Fig. 57. — Tableau de distribution Thomson-Houston (vue de derrière).

ces moteurs est très faible ; ainsi le moteur G E 800 d'une puissance normale de 25 chevaux ne pèse que 660 kilogrammes.

L'induit est disposé de telle façon que les fils ne puissent pas se détériorer, pour cela ces fils sont logés dans des rainures plus larges au fond qu'à la péri-

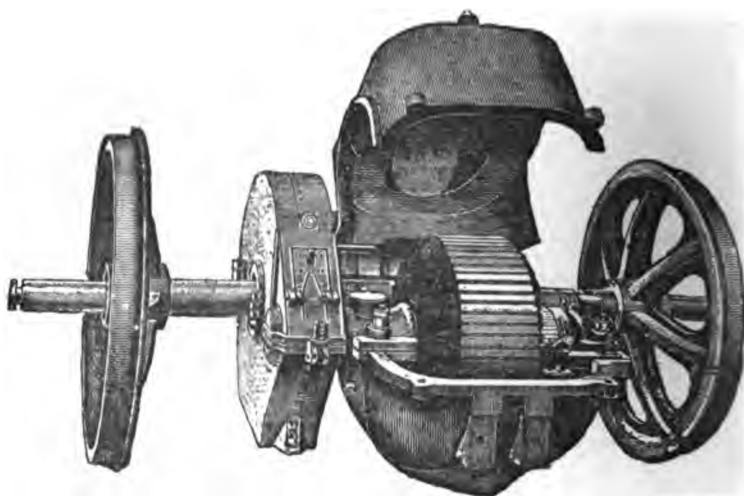


Fig. 58. — Moteur Thomson-Houston. W. P.

phérie, et on les y maintient au moyen de sortes de clavettes en matière isolante.

L'enroulement des induits est fait de trois façons différentes suivant leurs conditions de marche. Ils sont dits à 3, 4 ou 6 tours. Le moteur à 3 tours convient aux grandes vitesses, 25 à 30 kilomètres ; le moteur à 4 tours est destiné aux vitesses moyennes allant de 15 à

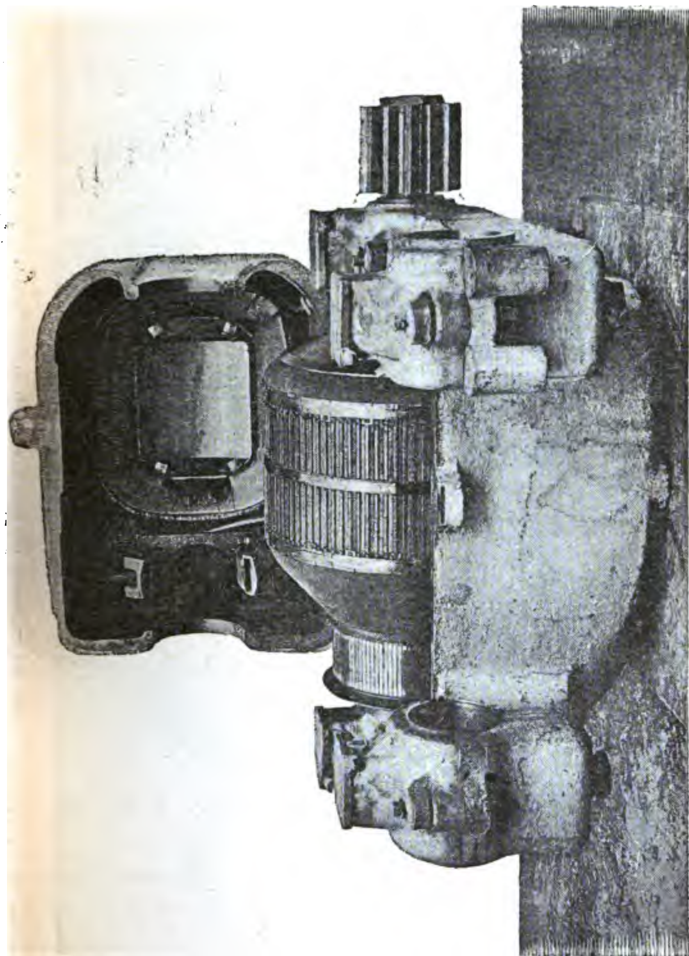


Fig. 59. — Moteur Thomson-Houston G. E. 800 (ouvert).

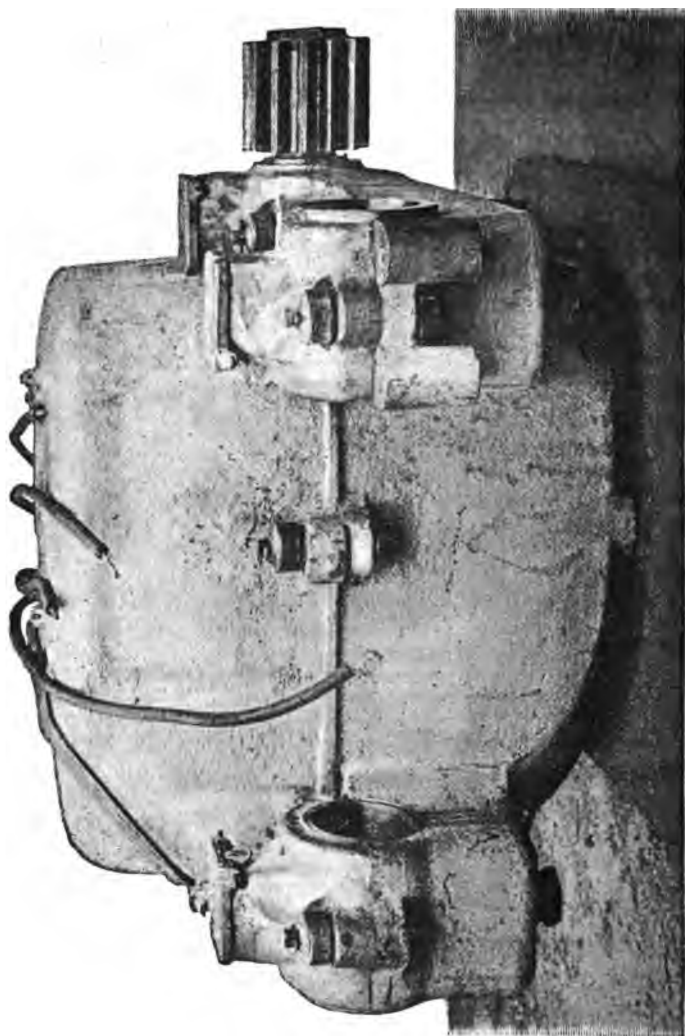


Fig. 60. — Moteur Thomson-Houston G. E. 800 (fermé).

20 kilomètres, et le moteur à 6 tours aux faibles vitesses.

La prise de courant se fait au moyen d'un trolley porté à l'extrémité d'une perche fixée sur la voiture, le trolley est constitué par une roulette en bronze à coussinets en graphite, mobile autour d'un axe fixé sur une fourche à l'extrémité de la perche; cette dernière est métallique, elle est maintenue verticale au moyen de 2 ressorts à boudin de 45 centimètres de longueur; ces ressorts sont guidés par un tube et maintenus entre une butée et un tampon à oreille pouvant glisser sur le tube guide. Deux tiges passent dans les oreilles; elles sont maintenues d'un côté par des écrous et de l'autre s'accrochent à l'extrémité du petit bras d'un levier, dont l'autre bras est formé par la perche.

Le régulateur employé par la Compagnie Thomson Houston comporte un frein magnétique, l'appareil ordinaire est un peu plus simple. Il est constitué par un cylindre en matière isolante sur la surface duquel sont disposées des bandes de cuivre de longueurs variables et convenablement reliées entre elles. Sur ces pièces de cuivre viennent s'appliquer des frotteurs fixes, reliés aux différentes parties des circuits des moteurs; en faisant tourner le cylindre on effectue les différents groupements nécessaires.

Les groupements obtenus sont successivement : les 2 moteurs en série avec une résistance, suppression de cette résistance, puis les 2 moteurs en parallèle avec résistance et sans résistance. Toutes ces manœuvres se font au moyen d'une seule manette, une autre manette visible sur la droite du régulateur permet d'effectuer le changement de marche. L'appareil contient encore

un souffleur magnétique qui coupe les étincelles de rupture qui pourraient se produire, et deux commutateurs qui permettent de mettre hors service un des moteurs.

La Compagnie Thomson-Houston à installé un grand nombre de lignes de tramways électriques, le cadre de cet ouvrage ne nous permettrait pas de les décrire toutes, nous nous bornerons donc à parler des principales construites en France.

Tramways de Bordeaux-Bouscat au Vigean.— Cette ligne est la première installée par la compagnie Thomson-Houston en France, elle date de la fin de 1893; elle a une longueur de 4.820 mètres. La voie est à l'écartement de 1 mètre elle est établie en rails Humbert pour les parties se trouvant sur la chaussée; dans les parties en accotement elle est en rails Vignole.

La ligne est à voie unique avec garages, et ne présente pas de fortes déclivités, la rampe la plus forte est de 15 millimètres par mètre.

Les voitures qui contiennent 42 places ne sont action nées que par un seul moteur de 15 chevaux.

L'usine génératrice comporte deux chaudières multitubulaires et deux machines à vapeur de 150 chevaux qui commandent deux dynamos multipolaires hypercompoundées Thomson-Houston. Ces dynamos d'une puissance de 100 kilowatts fournissent le courant sous la tension de 550 volts.

Tramways de Lyon à Oullins. — La ligne d'une longueur de 6 kilomètres est à voie normale de 1 m. 44 les rails sont du type Marsillon et la voie est double

sur presque toute la longueur, les rampes atteignent 55 millimètres par mètre.

La ligne aérienne qui est double, une pour chaque voie, est constituée par un fil de cuivre de 8 millim.25 de diamètre, les fils transversaux le soutenant sont en acier et ont 6 millimètres de diamètre, les poteaux des supports sont espacés d'environ 35 mètres.

Les poteaux formés de 4 tubes en acier soudés par recouvrement et emboités à chaud les uns dans les autres ont 9 m. 20 de hauteur totale, leur poids varie entre 300 et 500 kilogrammes ils sont enfoncés dans le sol de 1 m. 80.

Les voitures peuvent contenir 42 places, elles sont actionnées par deux moteurs de 25 chevaux, elles comportent deux plateformes; sur chacune d'elle est placé un régulateur de sorte qu'il est inutile de retourner la voiture à chaque extrémité de la ligne.

L'usine génératrice comporte deux machines à vapeur Piguet de 100 chevaux, actionnant chacune une dynamo hypercompound à 4 pôles de 100 kilowatts, ces dynamos donnent le courant sous une tension de 550 volts.

Tramways électriques du Havre. — Le réseau des tramways électriques du Havre comporte trois lignes, la première de la Jetée à Graville, a une longueur de 5.350 mètres en voie double; la seconde du Rond-Point à Sainte-Adresse qui s'étend sur une longueur de 4.860 mètres, est en partie à simple voie et en partie à double voie; la troisième également en double et simple voie part de l'avant-port pour aboutir aux grands bas-

sins, elle a une longueur de 3.770 mètres. Le réseau comporte également une ligne à la côte Sainte-Marie dont la pente est de 10 p. 100.

Dans le réseau du Havre la voie est constituée par des rails Humbert à l'écartement de 1 m. 44, la rampe maxima, sauf pour la ligne de la côte Sainte-Marie, est de 43 millimètres par mètre.

La ligne aérienne est formée par un fil de cuivre de 8,25 millimètres de diamètre, placé à environ 6 m. 50 au-dessus du sol.

Les poteaux ont 9 mètres de hauteur et sont encastrés de 2 mètres dans le sol; ils sont constitués par 4 tubes d'acier. Un certain nombre de ces poteaux servent également de supports aux lampes à arc de l'éclairage public.

Les voitures sans impériale peuvent contenir 50 voyageurs; suivant les lignes qu'elles doivent parcourir elles comportent un ou deux moteurs de 25 chevaux chacun.

L'usine génératrice appartient à la compagnie *L'Énergie électrique;* elle comporte 3 dynamos à 4 pôles Thomson-Houston de 200 kilowatts et donnant le courant sous la tension de 500 volts.

Tramways électriques de Rouen. — Le réseau des tramways de Rouen est actuellement le plus grand qui existe en France, car il comporte un développement de 37 kilomètres. La voie à l'écartement de 1 m. 44 est en rails Broca. La rampe maxima est de 50 millimètres par mètre.

La ligne aérienne supportée par des poteaux de 7 mètres de hauteur au-dessus du sol est constituée par

un fil de cuivre de 8,25 millimètres de diamètre, alimenté de distance en distance par des feeders de 200 millimètres de section, en câbles armés et placés dans le sol.

Les voitures contiennent 40 places, elles comportent deux moteurs de 25 chevaux.

L'usine génératrice comprend trois machines à vapeur Corliss-Farcot actionnant chacune une dynamo hypercompoundée de 200 kilowatts pouvant fournir le courant sous la tension de 550 volts. Les chaudières sont au nombre de trois elles sont du système Babcock et Wilcox, leur surface de chauffe est de 160 mètres carrés.

COMPAGNIE DE FIVES-LILLE

Cette compagnie qui a été amenée peu à peu à étudier et à construire tout ce qui concerne l'industrie électrique vient de créer un matériel complet de traction électrique dont la première application en grand vient d'être faite à Angers.

Machines génératrices. — Les dynamos génératrices employées par la compagnie de Fives-Lille sont multipolaires, elles sont hypercompoundées, la carcasse des inducteurs est en acier. L'induit est du type à tambourdenté.

Le porte-balai comporte autant de bras qu'il y a de masses polaires, et les frotteurs sont en charbon. Les machines d'Angers peuvent débiter 275 ampères sous une tension de 500 à 550 volts.

Le tableau de distribution est représenté schémati-

quement par la figure 61. Dans ce schéma *a* représente l'induit de chaque dynamo, *s* le fil fin, *c* l'enroulement du gros fil. A les ampèremètres, V les voltmètres, D des disjoncteurs automatiques qui coupent automatiquement le courant de chaque machine lorsque le débit devient trop fort. R représente les régulateurs de

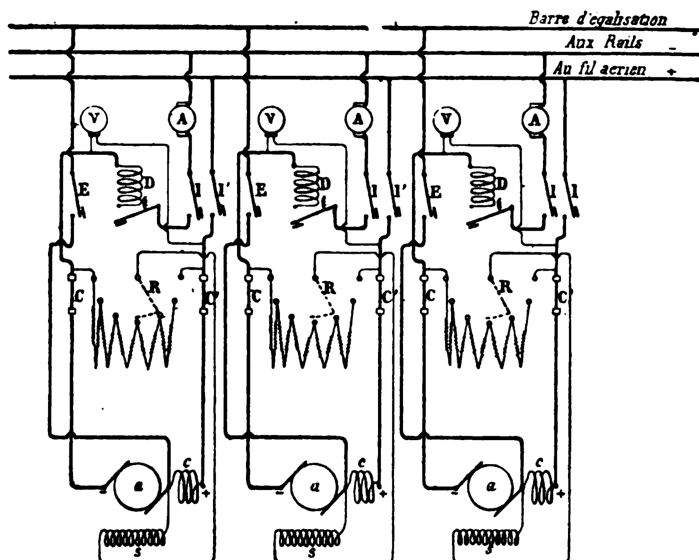


Fig. 61. — Tableau de distribution de la Compagnie de Fives-Lille.

champ magnétique. Le tableau comporte en outre des parafoudre et des coupe-circuits.

Voitures. — Les voitures d'un modèle élégant comportent deux moteurs de 15 cheveaux. Chaque moteur est à quatre pôles, la figure 62 montre l'aspect d'un de ces moteurs monté sur un essieu ; la transmission se fait au moyen d'une paire d'engrenages à chevrons.

Les pièces polaires sont en acier, chaque bobine inductrice est divisée en trois sections, les quatre sections semblables étant réunies en séries ; en les couplant de façons différentes au moyen du régulateur on obtient les différentes vitesses nécessaires à la marche de la voiture.

Le régulateur est du système Sprague, il permet d'effectuer des combinaisons entre les trois groupes de bobines inductrices.

Il est constitué par un tambour en matière isolante

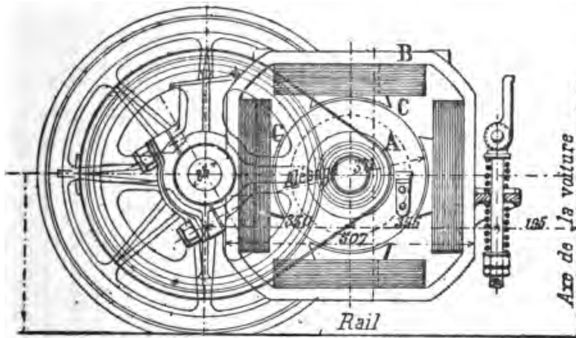


Fig. 62. — Moteur de la Compagnie de Fives-Lille.

sur la surface duquel sont placées des lames de laiton, des balais en communication avec les différentes parties des moteurs viennent appuyer sur ces lames de laiton. L'appareil comporte 8 positions pour la marche avant, une position d'arrêt, deux positions de frein, et une position de marche arrière.

Les différentes combinaisons obtenues sont représentés par la figure 63.

Les voitures comportent en outre un parafoudre et un commutateur principal permettant de mettre en

service soit l'un ou l'autre des deux moteurs soit les deux réunis en parallèle.

Fig. 63. — Schema du régulateur de la Compagnie de Fives-Lille.

La figure 64 montre les connexions des régulateurs et des moteurs.

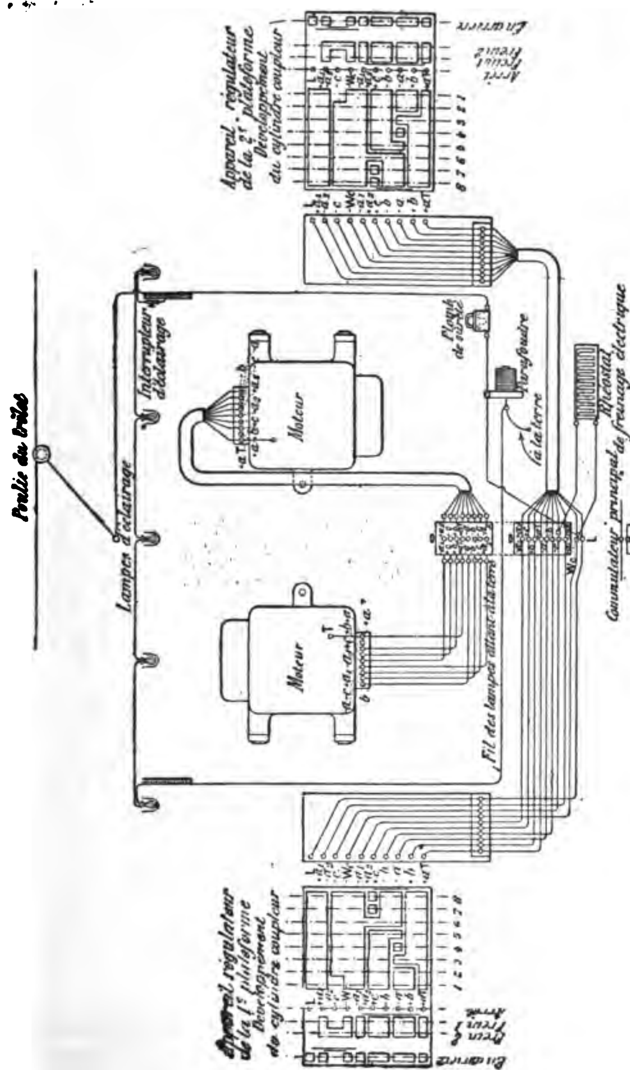


Fig. 64. — Schema des connexions d'une voiture automobile à deux moteurs de la Compagnie de Fives-Lille.

La prise de courant est faite au moyen d'une perche formée d'un tube de fer conique ayant un diamètre de 39 millimètres à sa partie inférieure, et de 25 millimètres au sommet, le trolley est en bronze, le contact est assuré par un balai en charbon qui vient appuyer dans le creux de la gorge de la roulette et à la partie inférieure.

Des ressorts maintiennent la perche verticale.

La ligne aérienne est constituée par un fil de cuivre de 8 millimètres de diamètre. Les poteaux employés sont soit en bois, soit en tubes d'acier, soit en treillis; chaque poteau porte un tendeur à cliquet, qui permet de donner la tension voulue au fil transversal.

Lorsque ce fil transversal est fixé à des maisons par l'intermédiaire de rosaces, le tendeur est complété par un antivibrateur.

ATELIERS DE CONSTRUCTION D'OERLIKON

Les ateliers d'Oerlikon ont installé plusieurs lignes de tramways électriques, en Allemagne, en Suisse et en France.

Les machines génératrices dont la figure 65 montre un exemple, sont multipolaires, le type représenté est à enroulement Compound et peut donner un courant de 200 ampères sous une tension de 550 volts.

La ligne aérienne est constituée par un fil de bronze silicieux ou de cuivre écroui, suspendu soit à l'extrémité de consoles, soit par des fils transversaux en acier ; la figure 66 montre différents types de suspension employés.

Les voitures d'un modèle quelconque comportent un ou deux moteurs suivant les cas.

Ces moteurs représentés par les figures 67 et 68 sont à 4 pôles et attaquent l'essieu par une seule paire d'engrenages ordinaires.

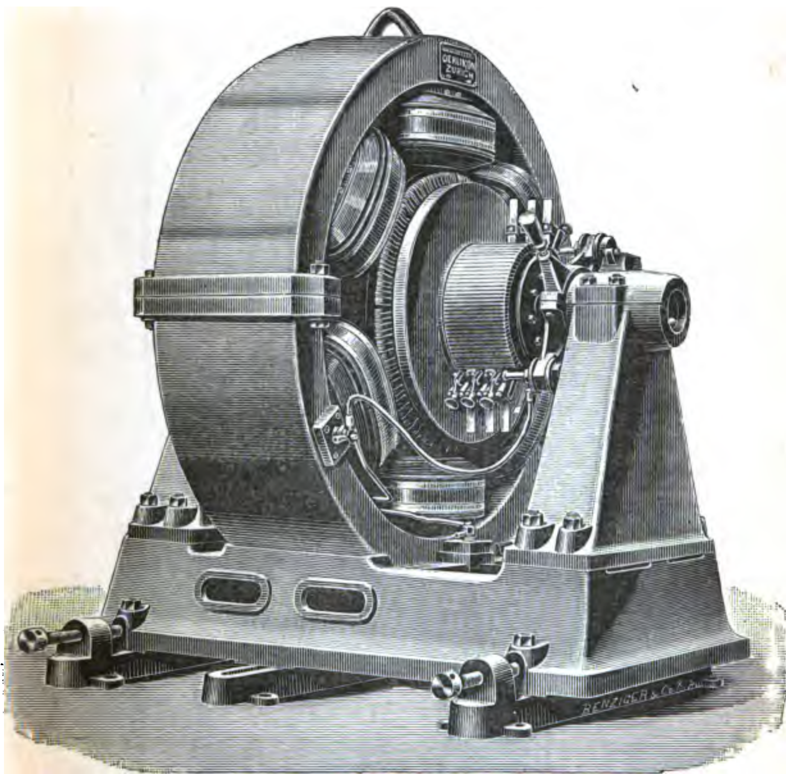


FIG. 65. — Génératrice de la Société d'Oerlikon.

Les ateliers d'Oerlikon emploient plusieurs types de régulateurs, la figure 69 en fait voir un exemple, les autres types sont analogues à ceux des autres compagnies de traction.

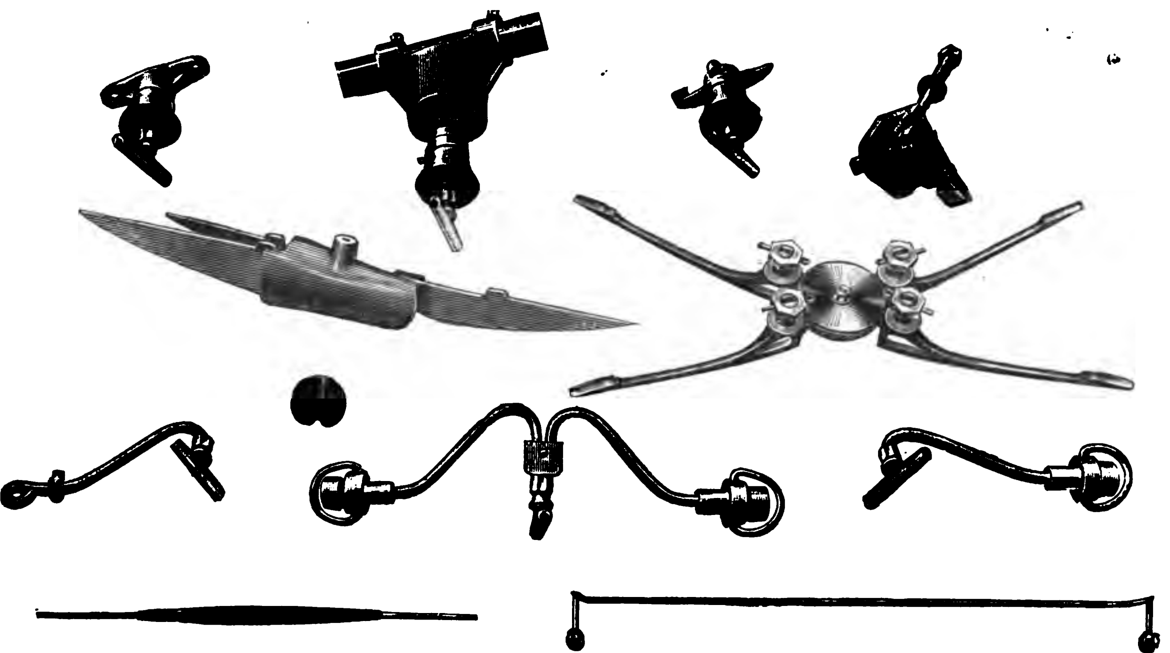


Fig. 66. — Appareils de suspension de lignes aériennes de la Société d'Oerlikon.

Tramways de Marseille. — Les ateliers d'Oerlikon ont installé la ligne de Saint-Louis à Marseille ; cette

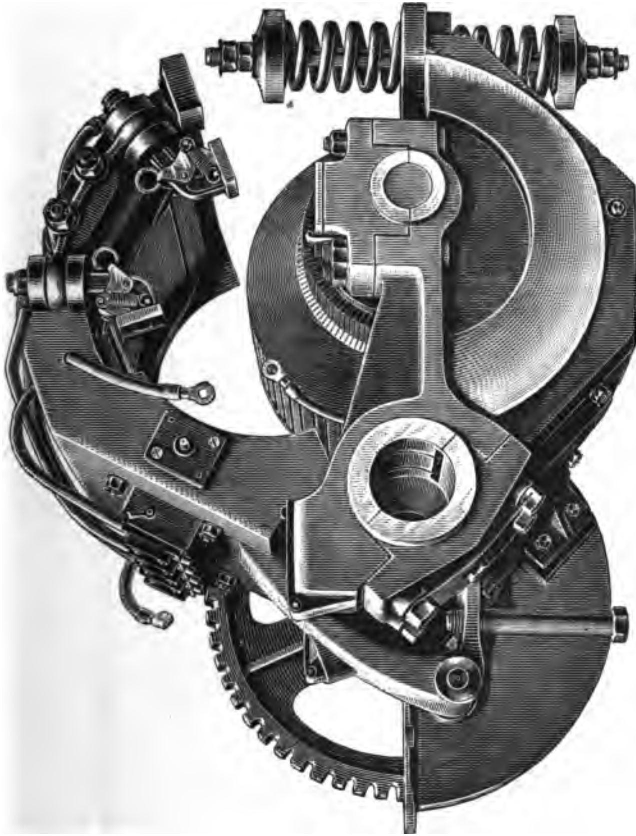


FIG. 67.— Moteur d'Oerlikon (ouvert).

ligne de 6.000 mètres présente un profil accidenté, les rampes atteignent 60 millimètres par mètre. La voie à l'écartement de 1 m. 44 est en rails Humbert.

La ligne aérienne est constituée par un fil en cuivre silicieux de 6 millimètres de diamètre, elle est alimentée en quatre points par des feeders.

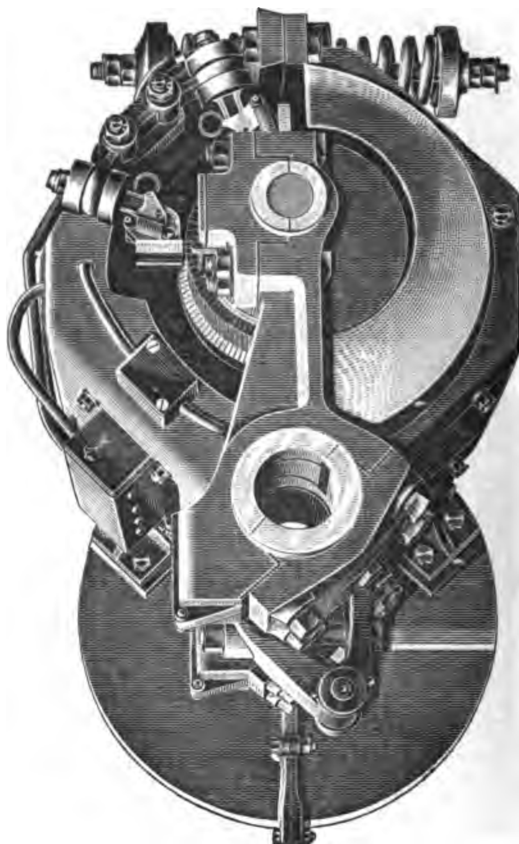


Fig. 68. — Moteur d'Oerlikon (fermé).

L'usine génératrice comporte 3 groupes d'une puissance de 100 à 120 chevaux.

Les voitures avec plateformes peuvent contenir 50 personnes, elles sont munies de deux moteurs de 15 chevaux.

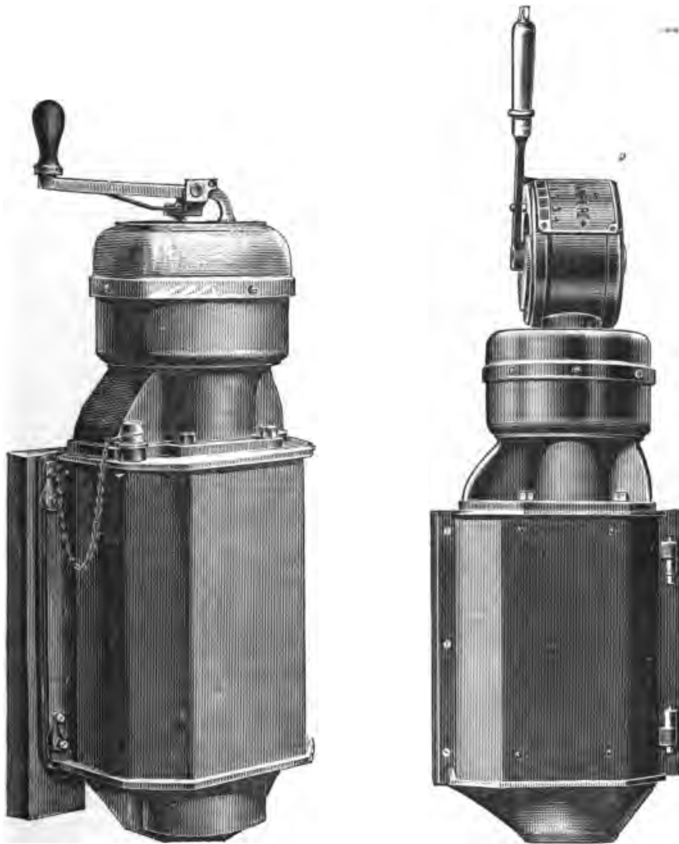


Fig. 69. — Régulateurs d'Oerlikon.

En outre de ces lignes, les ateliers d'Oerlikon ont installé différents autres tramways, parmi lesquels

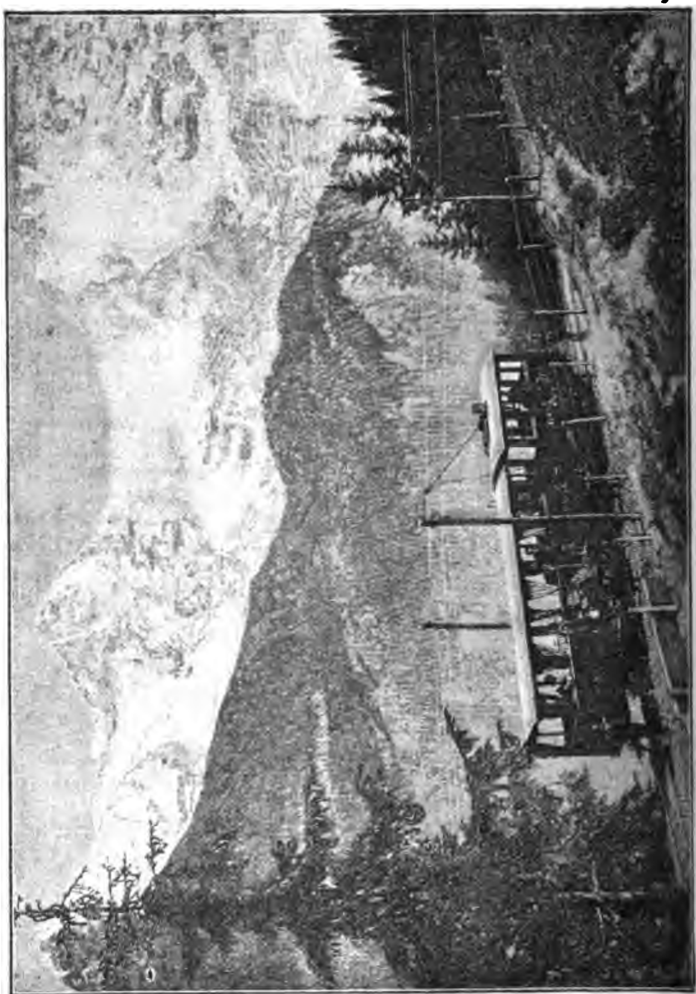


Fig. 70. — Tramway électrique de montagne dans l'Oberland-Bernois. — Vue de la ligne en face de la Jungfrau.



Fig. 71. — Tramway électrique de l'Oberland-Bernois. — Station terminus.

nous signalons ceux de l'Oberland-Bernois, dont les figures 70 et 71 représentent des vues.

En dehors des systèmes de traction électriques par câble aérien que nous venons de décrire brièvement s'en trouvent beaucoup d'autres, tels que les systèmes Sprague, Schuckert, Siemens et Halske, Dickinson, Walker, Westinghouse, etc. Mais leur description nous entraînerait beaucoup trop loin, nous nous bornerons aux quelques systèmes dont nous venons de parler et dont on peut voir des applications en France.

CANALISATION SOUTERRAINE

Les systèmes de traction électrique à canalisations aériennes ont soulevé beaucoup d'objections, on leur a en particulier reproché l'aspect désagréable et peu décoratif des fils tendus en travers des rues et coupant toute perspective, surtout dans les carrefours et dans les courbes. C'est pour éviter ces critiques que l'on a cherché à placer sous terre ce qui se trouvait en l'air ; on est ainsi arrivé aux canalisations souterraines ; tous les systèmes adoptés jusqu'à présent se ressemblent beaucoup, presque tous consistent à avoir sous la voie un caniveau dans lequel sont placés les conducteurs, la prise du courant se faisant au moyen d'un frotteur pénétrant dans le caniveau par une fente longitudinale suivant toute la voie.

Le premier caniveau a été employé en 1885 à Blackpool (Angleterre), c'est le système Holroyd-Smith.

Système Holroyd-Smith. — La ligne de tramways électriques de Blackpool a une longueur de 3.200 mètres, elle est a voie unique à la largeur normale de 1 m. 44, la rampe maxima est de 25 millimètres par mètre. Le courant est distribué sous une tension de 230 volts.

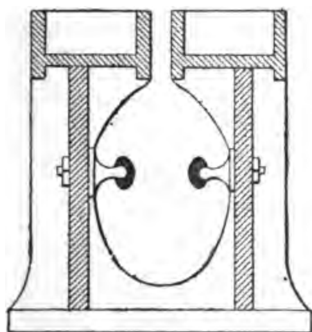


Fig. 72. — Coupe du caniveau Holroyd Smith.

Les voies sont de trois types différents ; dans le premier type, le plus ancien, le caniveau se trouve dans l'axe de la voie, la coupe de cette voie est représentée par la figure 72. Tous les mètres, sont disposées, dans l'axe de la voie des pièces en fonte formant le gabarit du caniveau ces pièces supportent deux fers à U laissant entre eux un intervalle de 25 à 30 millimètres ; l'intérieur de ces fers à U est garni par des pavés en bois. Les pièces de fonte et les fers longitudinaux forment une carcasse métallique reposant sur une aire en béton de ciment. Les côtés sont fermés par des madriers en bois créosoté. Sur ces madriers sont fixés des isolateurs supportant le câble conducteur.

La prise de courant est constituée par une sorte de chariot glissant sur la rainure et portant un appendice inférieur, terminé par des pièces de contact venant appuyer sur le conducteur.

Dans un deuxième type, le caniveau a été reporté sur le côté de la voie, et ce sont le rail et le contre-rail qui limitent la rainure ; le caniveau est complètement en tôle

de fer, les isolateurs supportant le conducteur sont également fixés sur des madriers en bois placés longitudinalement à la partie supérieure de caniveau.

Enfin, dans un troisième type, le petit caniveau a été remplacé par un véritable égout construit entre les deux voies, la prise de courant se faisant par l'inter-

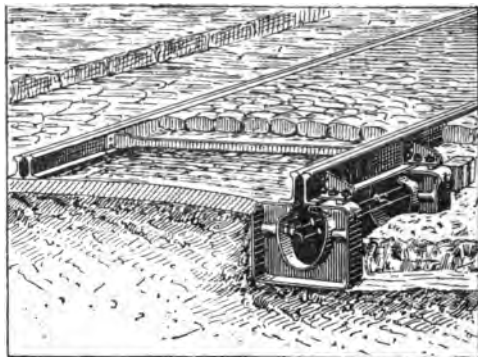


Fig. 73. — Caniveau de Budapest.

valle laissé entre le rail et le contre-rail limitant l'entre-voie. Ce grand caniveau qui permet la visite facile des conducteurs et des isolateurs, et où l'on peut loger les feeders d'alimentation, a le grave inconvénient d'être très coûteux, c'est lui que l'on a l'intention d'appliquer pour une ligne de traction électrique allant de la place Cadet à Montmartre.

Système Siemens et Halske. — Ce système, appelé encore système de Budapest, fut appliqué dans cette ville en 1889. C'est la première installation de caniveau faite un peu en grand, car le premier réseau

comportait une longueur de 12 kilomètres en voie double; depuis, cette ligne s'est étendue de plus de 10 kilomètres. Les rampes sont peu importantes car elles ne dépassent pas 20 millimètres par mètre, la distribution est faite sous un potentiel de 300 volts.

Le caniveau dont la coupe est représentée par la figure 73 est en ciment, les rails sont maintenus par des pièces de fonte, espacées de 1 m. 20, et présentant la même forme intérieure que le caniveau,la prise de courant se fait entre le rail et le contrerail.

Le caniveau contient les deux conducteurs, le retour ne se faisant pas par les rails,les conducteurs sont constitués par des fers cornières de 65 millimètres d'ailes, ces fers sont supportés par des isolateurs fixés dans les pièces de fonte, soutenant les rails.

La prise de courant est faite au moyen de pièces triangulaires venant frotter dans l'intérieur des cornières et maintenues contre elles par des ressorts, le tout étant supporté par un cadre en bois fixé à la voiture, coulissant dans la rainure et servant en même temps de protection aux fils conducteurs fixés aux frotteurs.

Système Hoerde. — Le système Hoerde comporte deux types différents; dans le premier, le canal se trouve dans l'axe de la voie, dans l'autre, il se trouve dans l'un des rails de roulement. Le caniveau est formé par une tôle d'acier emboutie, les rails étant supportés tous les mètres et demi par des châssis également en tôle d'acier emboutie, les figures 74 et 75 font voir les coupes de deux types de ces caniveaux, un

des bords de la fente est formé par un fer cornière,

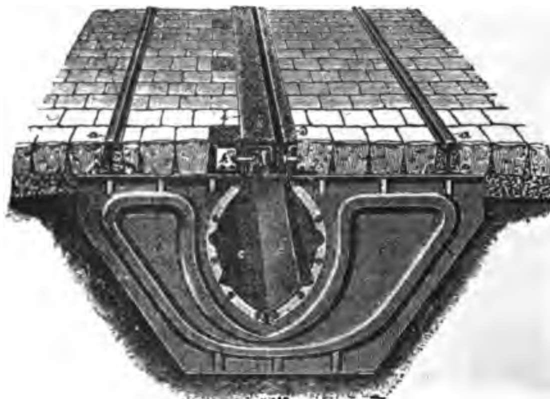


Fig. 74. — Caniveau système Hoerde (type dans l'axe de la voie).

dont la partie supérieure est striée, et assemblée par l'in-

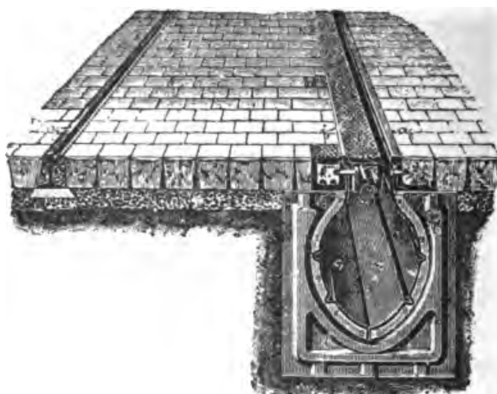


Fig 75. — Caniveau système Hoerde (type latéral).

termédiaire d'un fer spécial aux châssis du caniveau;

c'est dans la gaine formée par ce fer que se trouve logé le conducteur.

La prise de courant, représentée par la figure 76, est constituée par un véritable trolley monté sur une plaque mince, pénétrant dans la rainure, et dont il est isolé par une pièce en fibre.

Système Thomson-Houston. — L'Union Elektricitats Gesellschaft a installé à Berlin une ligne à caniveau

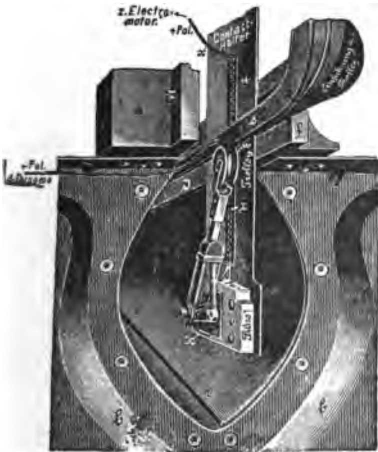


Fig. 76. — Prise de courant système Hoerde.

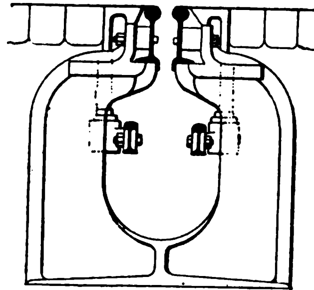


Fig. 77. — Coupe de caniveau Thomson-Houston.

du système Thomson-Houston, le caniveau en ciment est placé sous l'un des rails de la voie, ceux-ci soutenus de distance en distance par des cadres en fonte.

Le caniveau comporte les deux conducteurs aller et retour supportés par des isolateurs fixés à sa partie supérieure dans des boîtes spéciales, la figure 77 montre la coupe d'un caniveau de ce type. Les conducteurs

sont formés simplement par des rails Vignole sur lesquels viennent appuyer les frotteurs.

Système Love. — Le système Love dont la figure 78 montre une coupe est constitué par un canal en fonte rejoignant des traverses supportant toute la voie. Le canal se trouve dans l'axe de la voie, il est fermé à sa partie supérieure par deux fers à U à branches inégales, les grandes branches formant les côtés de la rainure ;

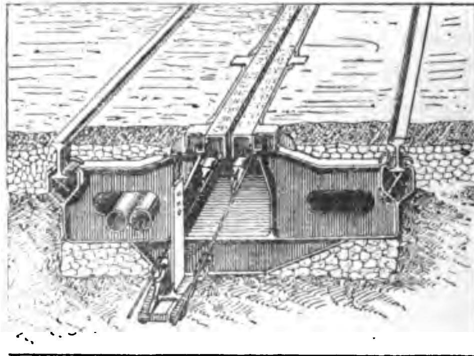


Fig. 78. — Caniveau système Love.

les conducteurs au nombre de deux sont maintenus sous ces fers par des isolateurs.

La prise de courant est constituée par une tige verticale pénétrant dans la rainure et supportant deux petits trolley, un pour chaque pôle.

Il existe encore un grand nombre de systèmes de traction électrique, avec conducteur souterrain, tels que les systèmes de la Général Electric Compagny, Connett, Griffin, Waller-Manville, Lineff, etc...; ils ont

tous de grandes analogies avec les précédents, et n'en diffèrent guère que par la prise du courant, la forme et la dimension du caniveau, la position du conducteur et son mode d'attache ; nous croyons donc inutile de les décrire, d'autant plus que la plupart n'ont pas été appliqués industriellement.

CANALISATION AU NIVEAU DU SOL

Comme le fil aérien le caniveau présente des inconvénients, son installation coûte cher, en outre, il est très difficile de le préserver des inondations, malgré des dégagements à l'égout, l'accès des conducteurs n'est pas facile à moins de donner au caniveau une grande section.

Pour remédier à ces inconvénients on est arrivé aux tramways électriques avec conducteurs au niveau du sol.

Un grand nombre de systèmes ont surgi mais peu ont pu être exécutés pratiquement. Deux seulement ont fonctionné ou fonctionnent sur des lignes d'une certaine longueur et un a été essayé sur une ligne d'expérience de petite longueur, mais est sur le point d'être appliqué dans plusieurs villes. Nous nous contenterons donc de décrire ces trois systèmes, qui sont : le système Claret et Vuilleumier, le système Westinghouse et le système Diatto.

Système Claret et Vuilleumier. — Ce système, qui date de l'année 1890, a été appliqué pour la première fois à l'Exposition de Lyon en 1894, le tramway où il

a été adapté a fait un service très intense pendant les six mois qu'a duré l'Exposition.

Il reliait le pont Lafayette à l'entrée de l'Exposition en suivant les quais du Rhône. La ligne avait une longueur de 3.200 mètres partie en voie double, partie en voie simple. Le courant était fourni par une usine génératrice ne comportant qu'un moteur à gaz pauvre de 100 chevaux actionnant par courroie une dynamo Thury du type hexagonal fournissant le courant sous la tension de 500 volts.

Le courant ainsi produit était envoyé dans un câble souterrain longeant la voie, tous les cent mètres une dérivation prise sur ce câble vient alimenter un appareil spécial appelé distributeur, logé dans une fosse pratiquée dans le trottoir. Le distributeur est un véritable commutateur comportant 20 touches (ce nombre peut varier suivant les circonstances). A chacune des touches aboutit un câble fixé d'autre part à une pièce de contact située dans l'axe de la voie et sur laquelle la voiture vient prendre son courant par des frotteurs adaptés à sa partie inférieure, la manette du commutateur vient appuyer sur la touche correspondant à la pièce de contact sur laquelle se trouve la voiture, et avance de touche en touche au fur et à mesure que la voiture avance de contact à contact; ce mouvement se produit automatiquement et par suite de l'avancement de la voiture ainsi que nous allons le voir.

Le distributeur comporte trois manettes, une M (fig. 79) assez large pour pouvoir passer d'une touche à l'autre sans les quitter et par suite sans interrompre le courant, cette manette est reliée électriquement à un cercle en

communication par un frotteur avec la dérivation du courant principal, c'est cette manette qui doit se

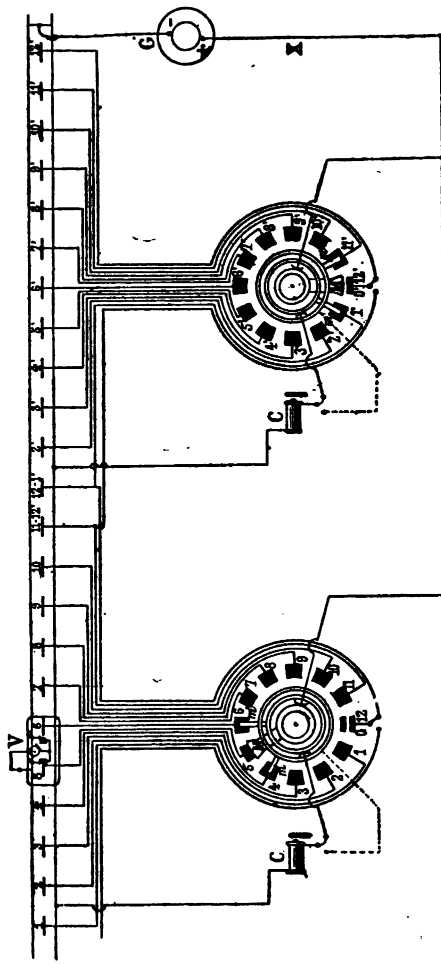


Fig. 79. — Schéma de la distribution, système Vuilleumier.

trouver sur la touche reliée avec le contact sur lequel est la voiture, les deux autres manettes *m* et *m'* situées

de part et d'autre de la première sont beaucoup plus étroites, elles sont fixées chacune à un cercle solidaire mécaniquement du cercle de la manette M. Chacun de ces cercles est lui-même relié à la bobine d'un électro-aimant *c* dont l'autre extrémité est en communication avec la terre ou les rails de roulement formant le pôle négatif de la ligne. L'armature de ces électros forme embrayage dans une roue dentée montée sur l'axe du commutateur; si donc on envoie du courant dans l'électro l'armature est attirée, l'embrayage lâche la roue et l'axe du commutateur peut tourner sous l'action d'un contre-poids; aussitôt que l'action du courant cesse sur l'électro, l'armature retombe et vient embrayer sur la roue dentée; l'appareil est disposé pour qu'il ne puisse avancer à la fois que d'une touche. Voyons donc ce qui se passe lorsque la voiture avance :

Soit V la voiture, *f* et *f'* ses frotteurs, celui de derrière *f* touchant le contact n° 5 correspondant à la touche 5 sur laquelle se trouve la manette M, le courant sera ainsi transmis à la voiture; supposons qu'elle avance dans le sens du numérotage des contacts, le frotteur d'avant *f'* relié électriquement avec celui d'arrière viendra toucher le contact n° 6 ; il s'établira une dérivation du courant, par ce contact 6, la touche 6, la petite manette *m'* et de là à l'électro-aimant *c* qui sera actionné, la roue dentée sera débrayée et tout le système avancera d'un cran, la navette M venant sur 6, et *m'* sur 7, le courant principal sera ainsi envoyé à la voiture par M, la touche 6, le contact 6, les frotteurs, etc., le même phénomène se continuera, de contact en contact, jusqu'au contact 12 où l'on arrive

au bout du distributeur et l'on attaque le suivant; à cet effet, le contact 12 est relié avec la touche 1' du deuxième distributeur, quand le frotteur avant vient toucher le contact 12 il fait avancer la manette du distributeur arrière car *m'* qui est plus longue que M porte bien sur la touche 12, mais aussitôt le mouvement produit M avance d'une touche, seulement cette manette étant plus courte ne porte plus sur 12 et le courant n'est plus envoyé à aucun contact par ce distributeur; en même temps qu'une dérivation a été envoyée dans 12 du distributeur arrière, il en a été envoyé une autre dans 1' du distributeur avant, *m'* se trouvant sur 1' le mouvement du distributeur s'est produit et M est venu sur 1', c'est par là que la voiture est alors alimentée. En dessous des touches 12 on voit un petit commutateur qui change de position suivant le sens de marche de la voiture, ce changement se fait automatiquement, en même temps qu'un débrayage change le sens de rotation du distributeur, c'est alors la manette *m* qui devient active, et qui reçoit la dérivation du courant pour l'envoyer dans l'électro-aimant.

Les voitures étaient à deux plateformes, et ne comportaient qu'un seul moteur, la ligne ne présentant pas de fortes déclivités.

Tramway de la place de la République à Romainville. — A la suite de l'essai fait à l'Exposition de Lyon, le système Claret et Vuilleumier a été appliqué plus en grand sur la ligne de Paris à Romainville.

La longueur de la ligne est de 7 kilomètres, elle est en voie double à l'intérieur de Paris et à simple voie

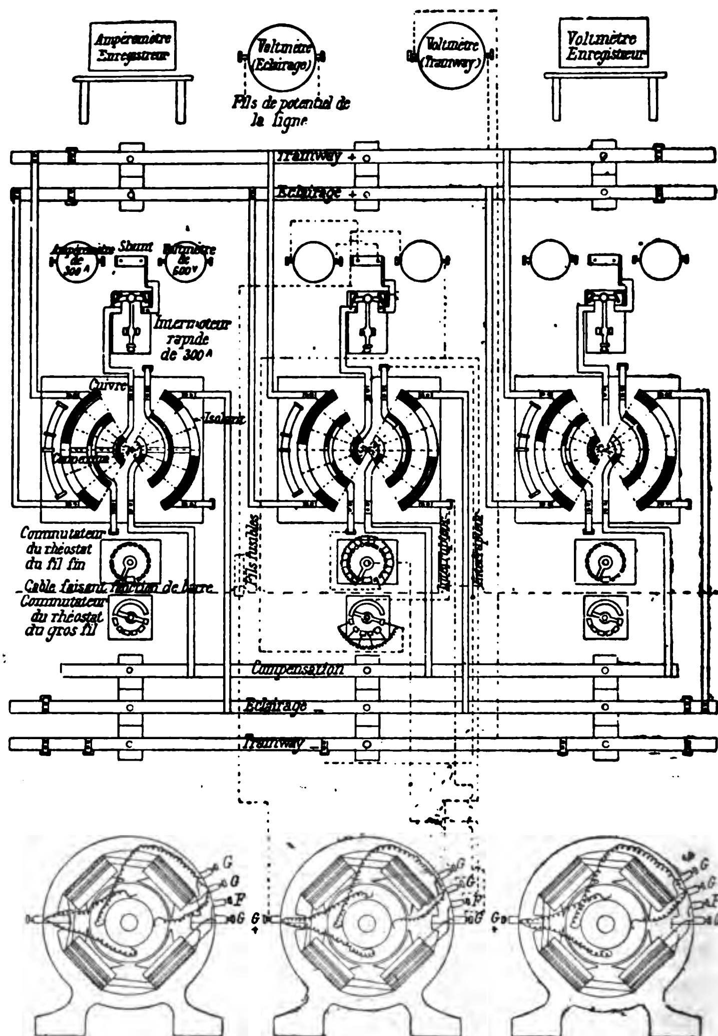


Fig. 80. — Tableau de distribution de la ligne de Romainville.

avec garages en dehors, l'écartement est de 1 m. 44, les rails sont du type Broca, la ligne présentant de fortes déclivités qui atteignent 50 millimètres par mètre. L'usine comporte trois groupes de machines Corliss-Garnier de 200 chevaux chacune, actionnant des dynamos Hillairet, à 4 pôles hypercompoundées de 150 kilowatts.

L'usine sert également à produire le courant pour l'éclairage des avenues Gambetta et de la République suivies par le tramway ; un des groupes de machines est employé à cet usage.

Le tableau de distribution est disposé de façon à pouvoir assurer tous les services, il est représenté schématiquement par la figure 80. Il se compose de trois tranches correspondant chacune à une dynamo. Chaque tranche comporte un gros commutateur permettant d'envoyer à volonté le courant de la dynamo qu'il dessert soit sur le circuit du tramway soit sur le circuit de l'éclairage.

Du tableau partent les câbles principaux de la ligne qui vont alimenter les distributeurs, ces appareils sont placés dans des cuves en fonte enfoncées dans le sol et fermées par des tampons bitumés.

Le distributeur représenté par la figure 81 est analogue à celui de Lyon, et n'a subi que des modifications de détail, le principe restant le même. La modification principale consiste dans le mode d'actionnement : au lieu d'avoir un contrepoids qu'il fallait remonter assez souvent, l'appareil est complètement automatique. Le courant dérivé agit sur une paire d'électro-aimants (une pour chaque sens de marche) qui attirent une armature en forme d'ancre, sur l'axe de cette arma-

ture est monté un levier venant agir sur un cliquet

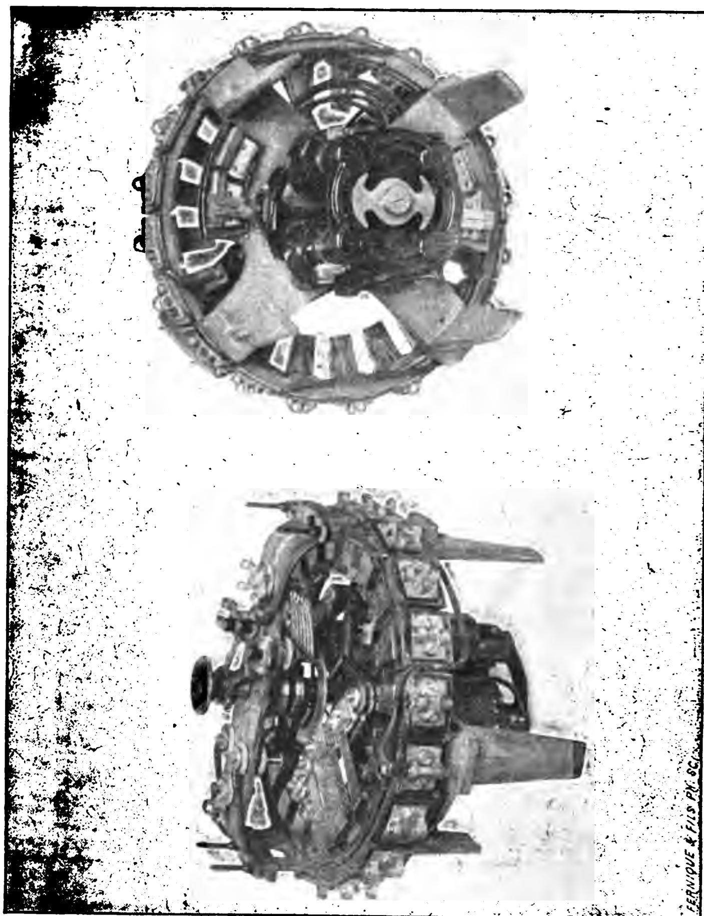


Fig. 81. — Distributeur système Claret et Vuilleumier.

pouvant s'engager dans une roue dentée solidaire de

l'axe des manettes. La roue dentée porte autant de

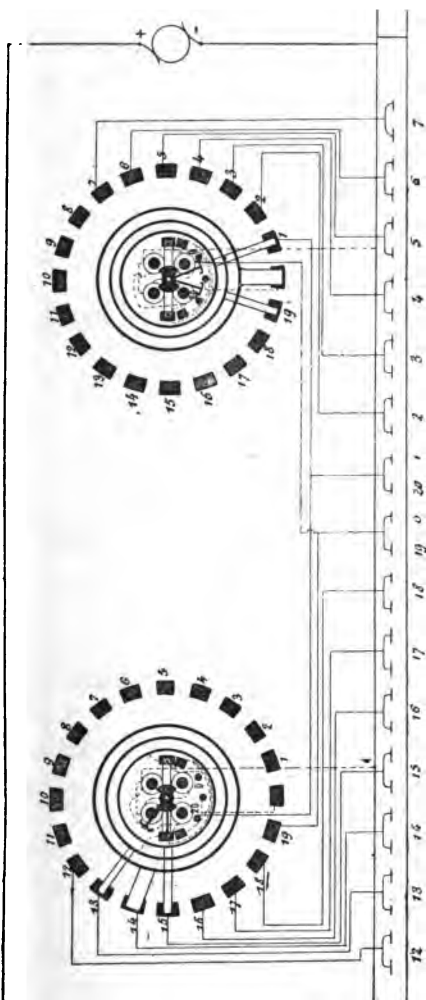


Fig. 82. — Schéma de distribution (système Claret et Vuilleumier).

dents que le distributeur comporte de touches, de

sorte qu'à chaque attraction l'appareil avance d'une touche.

Dans la ligne de Romainville, les appareils comportent 20 touches, mais la touche de repos n'est plus séparée comme celle des appareils de Lyon; cette touche communique, ainsi que cela est représenté par la figure 82, avec une pièce isolée qui peut être elle-même être mise en communication avec deux autres touches portant les numéros 0 et 20 au moyen d'une



Fig. 83. — Vue d'un plot de contact.

manette spéciale quand la grande manette se trouve sur les touches 1 ou 19 (1).

Les distributeurs sont reliés aux contacts par des câbles isolés au caoutchouc et placés dans des tuyaux en fonte, les attaches de ces câbles aux distributeurs sont faites au moyen de fiches qui peuvent s'enlever facilement, ce qui permet le remplacement rapide de l'appareil en cas de détérioration.

Les contacts qui à Lyon étaient constitués par un

(1) Dans la figure 82 le cable partant du pôle + de la dynamo doit être relié au cercle sur lequel est fixé la manette large, c'est-à-dire le cercle extérieur.

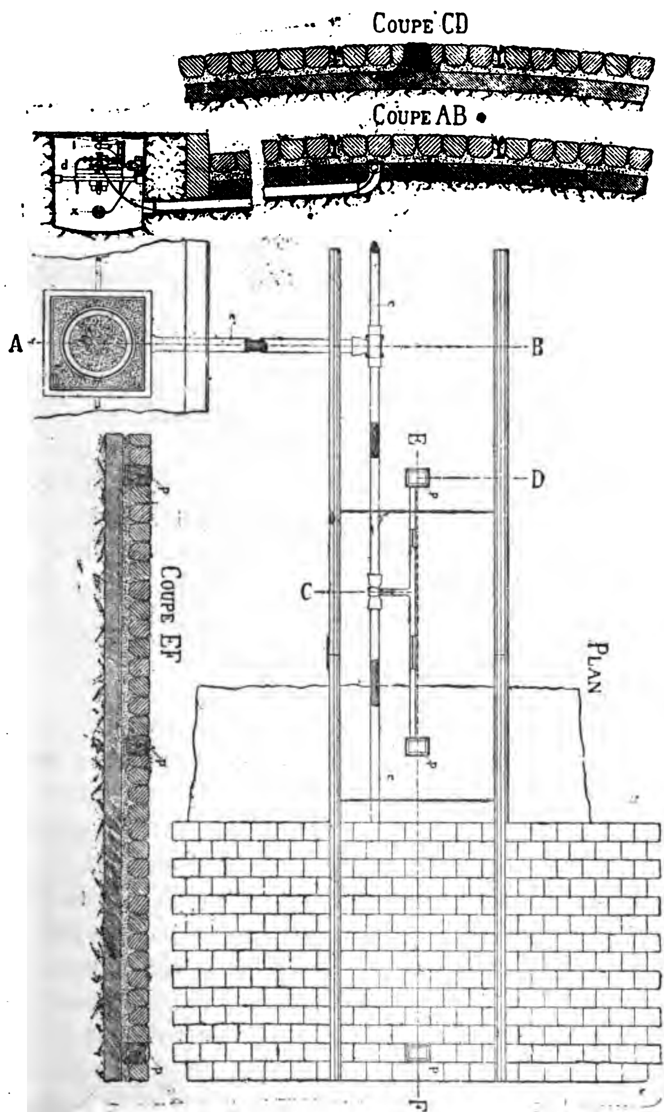


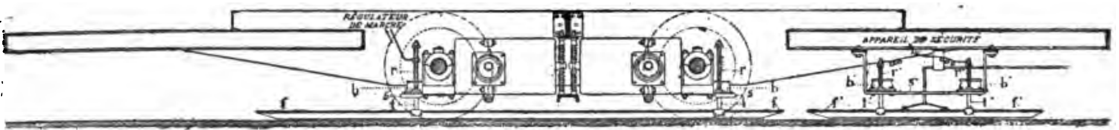
Fig. 84. — Vue de la voie, système Claret et Vuilleumier.

morceau de rail de 2 m. 50 de longueur sont ici formés par deux pavés en fonte d'acier (fig. 83) qui remplacent simplement un des pavés de grès ou de bois de la chaussée, ces pavés sont reliés par un fil conducteur et sont espacés de 2 m. 50, chaque groupe correspondant à une touche du distributeur.

La figure 84 montre une coupe de la voie ainsi établie.

Par suite de la modification des contacts il a fallu modifier les frotteurs placés sous les voitures, ceux-ci sont constitués par deux barres de fer cornière, placées parallèlement dans l'axe de la voiture et d'environ 3 mètres de longueur, de sorte qu'elles soient toujours en communication avec un des contacts. Ces barres sont maintenues par des tiges verticales passant dans des glissières isolées de la masse, et sur lesquelles viennent agir des ressorts tendant toujours à appuyer les barres sur le sol ; la figure 85 fait voir la disposition de ces curseurs.

Sur cette figure on voit en arrière un autre petit curseur, qui constitue l'appareil de sécurité ; il peut arriver que pour une cause quelconque le contact ne se soit pas bien établi entre les frotteurs et les pavés, dans ce cas le distributeur n'aurait pas fonctionné et le courant serait resté sur un pavé en arrière de la voiture, cette dernière ayant continué sa course par la vitesse acquise, d'où un danger pour la circulation. Le frotteur de sûreté est là pour remédier à cet inconvénient, cet appareil est relié à un commutateur maintenu dans une position de repos par un électro-aimant actionné par le courant de la ligne, dès que ce courant



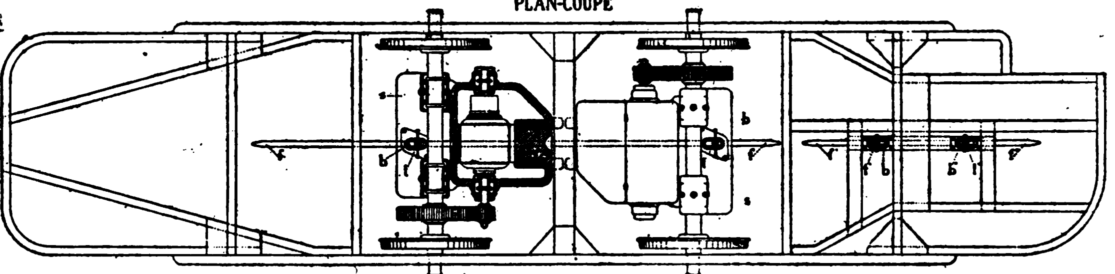


Fig. 85. — Châssis d'une voiture Claret-Vuilleumier.

vient à manquer l'électro lâche son armature, vient mettre le frotteur arrière en communication avec la masse, ce frotteur passant sur le pavé qui est resté électrisé il se produit un court circuit qui fait fondre le fil de sûreté qui se trouve dans chaque fosse contenant le distributeur, tout courant est interrompu sur la voie et il n'y a plus aucun danger pour la circula-



Fig. 86. — Tramway de la place de la République à Romainville (av. de la République).

tion ; en même temps que le commutateur met à la terre le frotteur, il fait fonctionner une sonnerie qui prévient le conducteur de l'interruption du courant. Il n'y a qu'à aller au distributeur remettre le fil de sûreté, et placer de nouveau l'appareil sur le contact correspondant à la position actuelle de la voiture, le

courant est alors rétabli et la voiture peut continuer sa course.

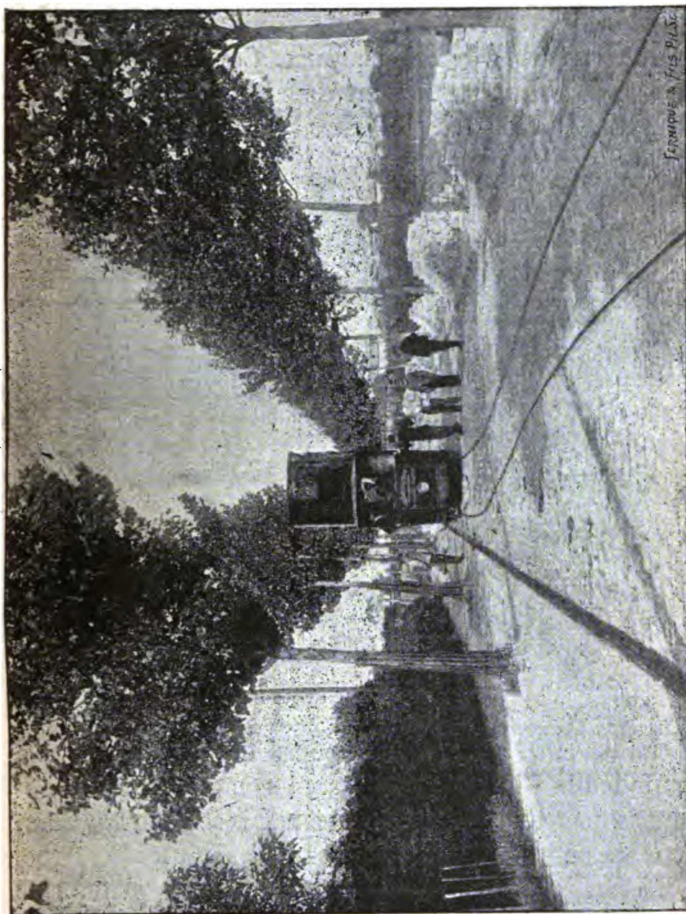


Fig. 87. — Tramways de la place de la République à Romainville (vue en dehors de Paris).

Les voitures sont à impériale couverte et contiennent 52 places, elles pèsent en charge 13.000 kilogrammes. Chaque voiture dont l'aspect général est représenté par les figures 86 et 87 est munie de deux moteurs d'une puissance de 15 chevaux. Ces moteurs représentés par la figure 88 sont de construction Hillairet-Huguet. Ils sont très robustes, l'induit est du genre



Fig. 88. — Moteur électrique Hillairet.

Gramme, ils sont à deux pôles et comportent une seule bobine inductrice, ils sont complètement enveloppés dans leur armature. Les balais sont en charbon, tous les paliers sont des paliers graisseurs.

Le régulateur est unique et placé sur la plateforme avant, les voitures étant retournées sur une plaque tournante à chaque extrémité de la ligne. L'ensemble

du régulateur est représenté par la figure 89. Il se compose essentiellement d'un cylindre sur lequel sont fixées des lames de cuivre disposées de façon à réunir électriquement d'une façon convenable des frotteurs venant appuyer sur leur surface, ces frotteurs étant reliés avec les différentes parties des machines. La figure 90 donne le développement du cylindre et le schéma des connexions obtenues. Le cylindre est manœuvré par un volant fixé sur son axe. A gauche et sur le côté sont placés trois commutateurs, l'un permettant d'opérer le changement de marche et les deux autres de supprimer du service l'un ou l'autre des deux moteurs.

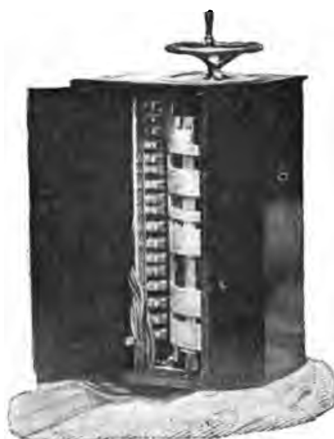


Fig. 89. — Régulateur du tramway de Romainville.

En faisant tourner le cylindre au moyen de son volant, on obtient les combinaisons suivantes :

Les 2 moteurs en série avec une résistance intercalée dans le circuit.

Diminution de la résistance.

Les 2 moteurs en série, sans résistance.

Les 2 moteurs en parallèle avec toute la résistance.

Diminution de la résistance.

Les 2 moteurs en parallèle sans résistance.

On peut en outre, en tournant en sens inverse, mettre les deux moteurs en parallèle et les fermer sur la résistance pour faire frein électrique.

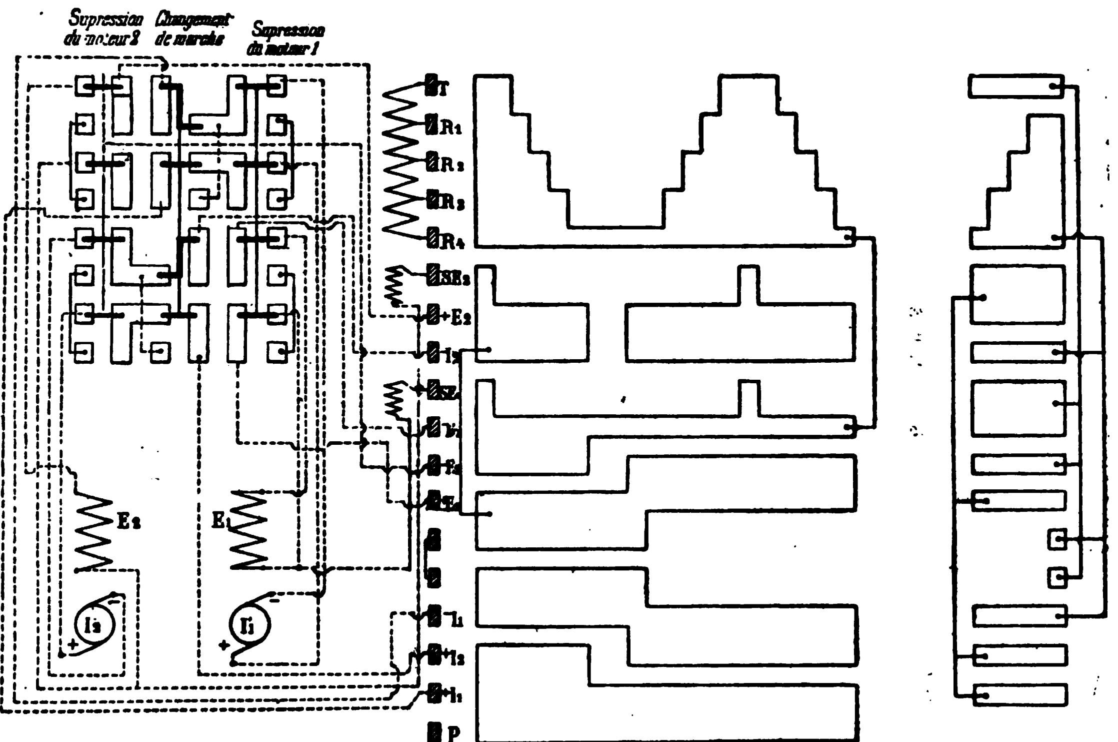


Fig. 90. — Schéma du régulateur du tramway de Romainville.

Les voitures sont en outre éclairées et chauffées à l'électricité.

Système Westinghouse. — Le système Westinghouse est également un système à prise de courant au niveau du sol. Le courant produit par l'usine est distribué par un câble longeant la voie à des boutons de contact placés au milieu de la voie et espacés d'une longueur un peu inférieure à celle de la voiture, c'est sur ces boutons de contact que le véhicule vient prendre le courant au moyen de frotteurs comme dans le système précèdent. Les boutons de contact sont doubles et placés

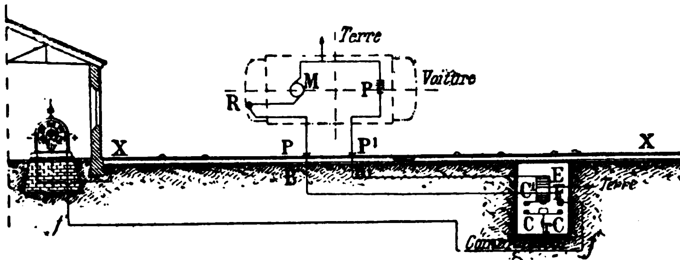


Fig. 91. — Schéma du système Westinghouse.

côte à côte, chaque paire de bouton communique avec un commutateur électro-magnétique, sous le trottoir ou dans l'entre-voie, ce commutateur a pour but de ne donner le courant au bouton correspondant qu'au moment du passage de la voiture. Le mouvement du commutateur est produit par un électro-aimant actionné par une petite batterie d'accumulateurs portée par la voiture. La figure 91 montre le schéma d'une voie de ce système.

La voiture porte deux frotteurs distincts P et P', l'un P' est en relation avec l'un des pôles de la batterie

d'accumulateur *p* dont l'autre pôle est relié avec la terre, ce frotteur vient porter sur l'un des deux boutons

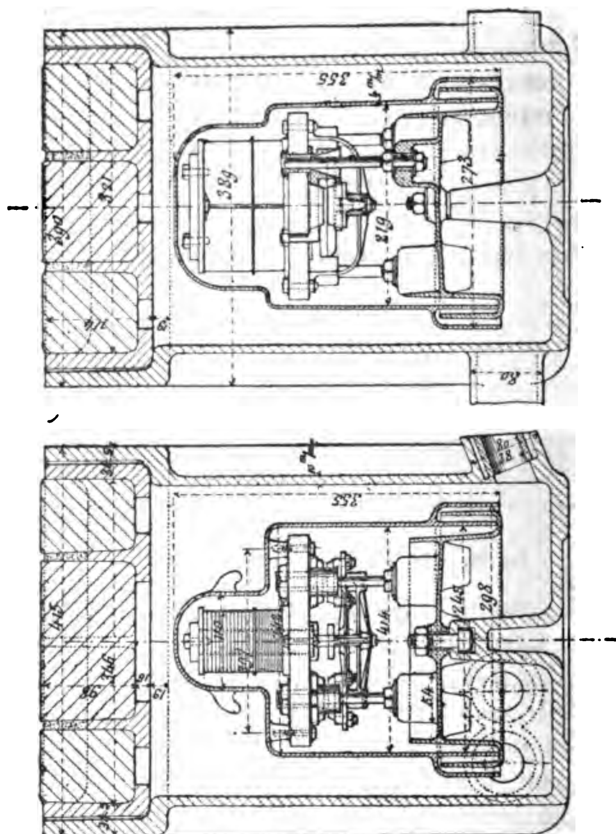
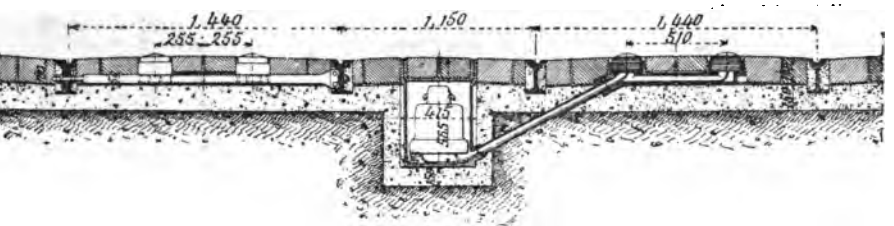


Fig. 92 et 93. — Commutateur Westinghouse.

B, qui communique avec un électro-aimant en fil fin E dont l'autre pôle est relié à la terre, cette électro étant



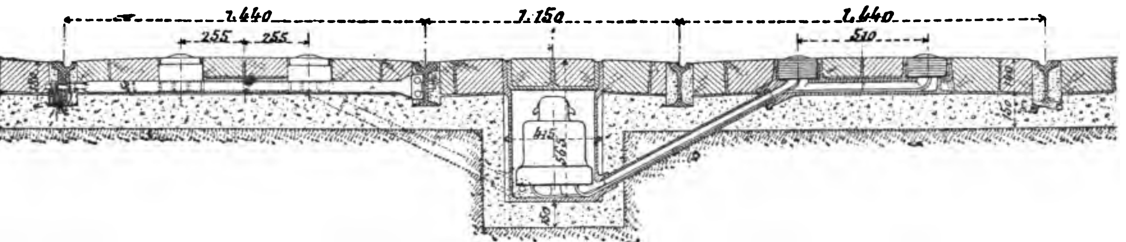


Fig. 94. — Coupes de la voie Westinghouse.

actionné par le courant de la batterie attire son armature portant deux blocs de charbon *c c* reliés électriquement entre eux, qui viennent toucher l'un, un autre bloc en communication avec la ligne, l'autre un 4e bloc de charbon en communication avec l'entrée d'un électro-aimant à gros fil dont la sortie est reliée au 2e bouton de contact; cet électro-aimant agit dans le même sens que l'électro en fil fin, le courant est ainsi

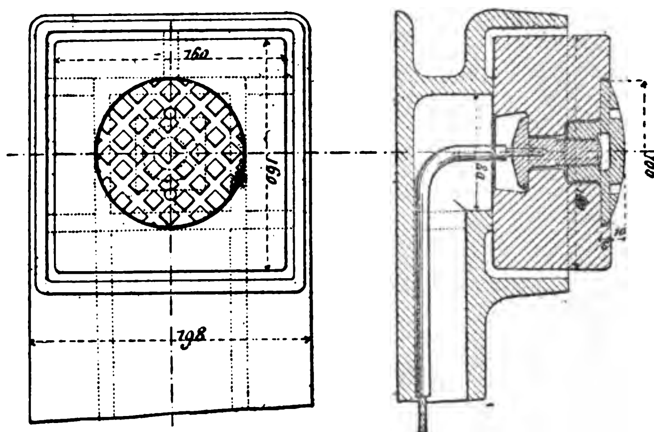


Fig. 95 et 96. — Coupe et plan du bouton de contact Westinghouse.

établi entre la ligne et le bouton B et par suite le 2e frotteur P et la voiture, dès que les frotteurs ont quitté une paire de boutons le courant ne passe plus et l'armature étant sollicitée par un ressort antagoniste le circuit est coupé.

Les figures 92 et 93 donnent le détail du commutateur, la figure 94 une coupe de la voie établie d'après ce système, et les figures 95 et 96 une coupe et un plan

du bouton de contact. Les figures 97, 98, 99 et 100,

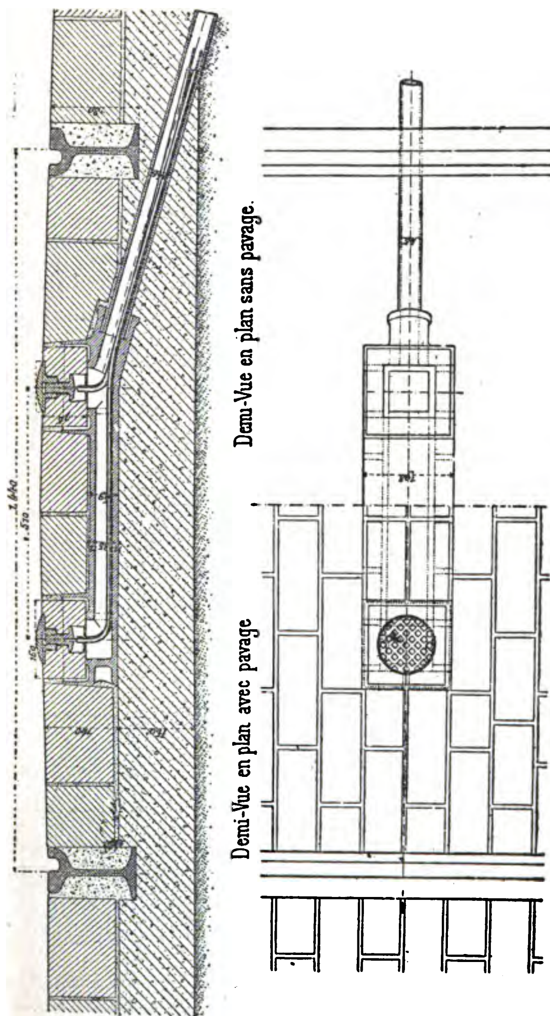


Fig. 97. — Coupe transversale par l'axe des boutons de contact de la voie (système Westinghouse).

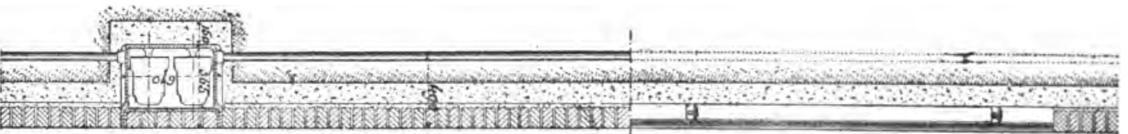


Fig. 98. — Coupe longitudinale de la voie (système Westinghouse.

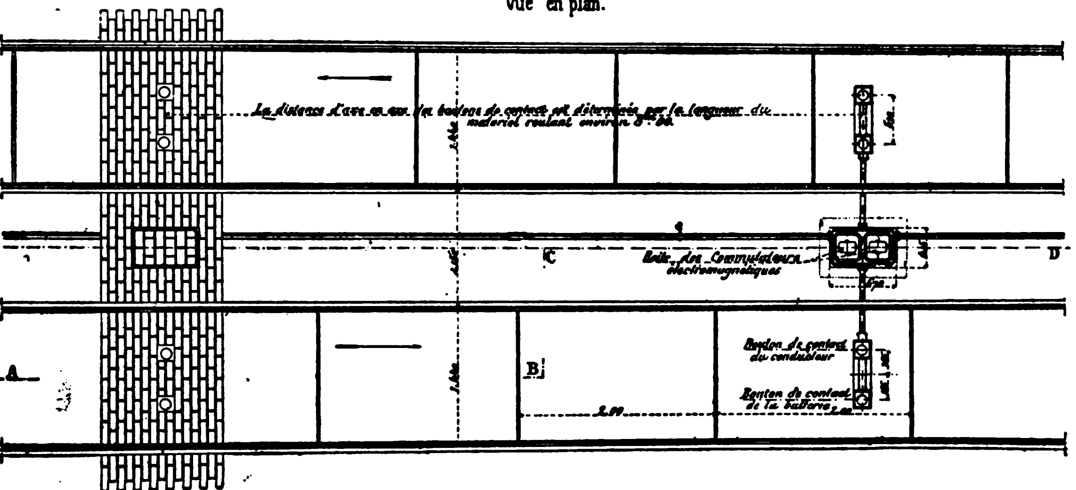


Fig. 99. — Vue en plan de la voie (système Westinghouse).

des coupes transversales et des plans de la voie en alignements droits et dans un aiguillage.

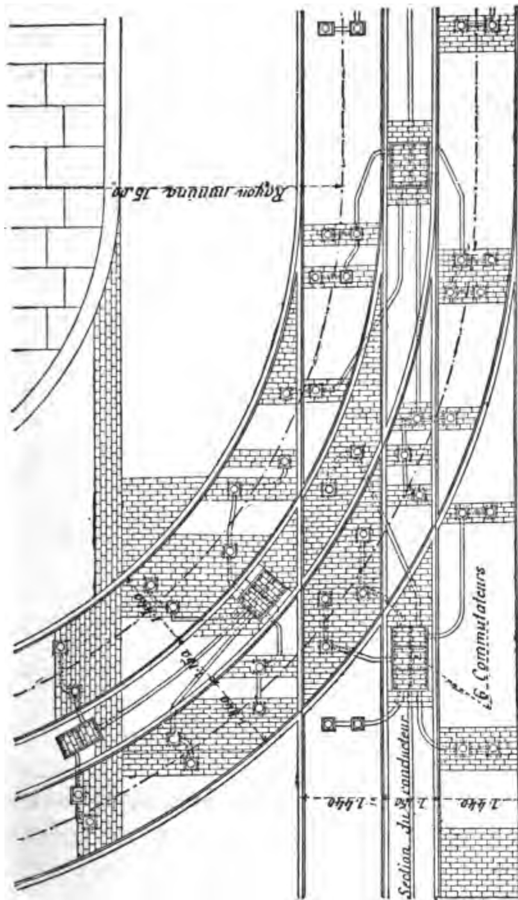


Fig. 100. — Vue en plan d'un aiguillage (système Westinghouse).

L'équipement des voitures est semblable à celui des autres voitures de tramways électriques.

Système Diatto. — Le système Diatto comporte également une prise de courant par frotteur venant appuyer sur des boutons de contact mis en relation avec le conducteur principal au moment du passage de la voiture. A cet effet la barre de contact constitue l'armateur d'un électro-aimant actionné par le courant

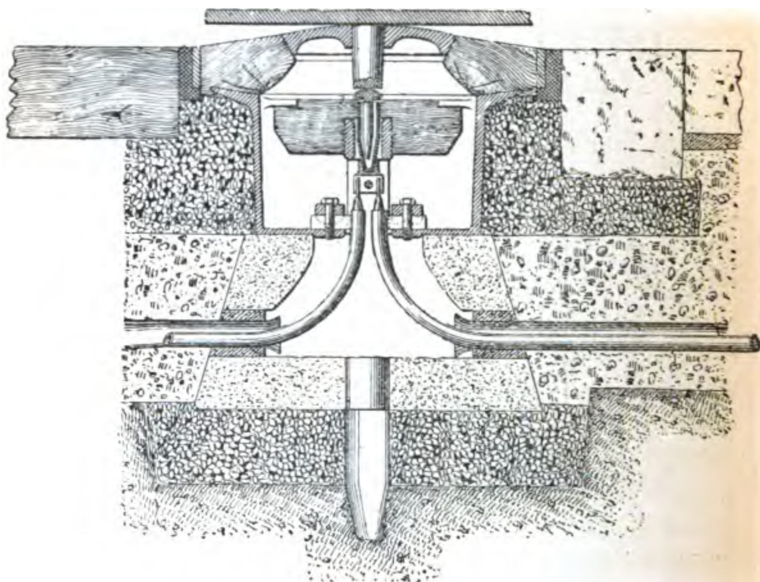


Fig. 101. — Contact magnétique (système Diatto).

de la voiture même. Le bouton de contact est creux et contient le commutateur, constitué par un godet métallique rempli de mercure, à ce godet vient aboutir le câble principal ; dans le mercure, plonge une sorte de gros clou (fig. 101) qui étant attiré par la barre-aimant de la voiture vient buter contre la partie supérieure du

bouton de contact et lui communique ainsi le courant, dès que la barre à quitté le contact, l'aimantation cesse et le clou retombe dans le godet, coupant ainsi toute communication du bouton avec le courant.

Ce système n'a pas été appliqué mais il va l'être prochainement en France.

TRAMWAYS A ACCUMULATEURS

Nous avons réservé ce type de tramways pour la fin, quoi qu'ils ne soient pas les derniers venus, parce qu'ils forment une catégorie complètement à part. Ils ont le grand avantage de pouvoir s'appliquer sur n'importe quelle ligne existante sans aucune transformation, la seule chose que l'on puisse leur reprocher est le prix élevé de traction, c'est pourquoi ils se sont peu répandus jusqu'à ce jour ; ce sont pourtant les premiers tramways électriques adoptés sur des lignes un peu longues à Paris. Pour donner une idée de ce système nous décrirons les lignes exploitées par la Société des tramways de Paris et du département de la Seine. Ces lignes sont : les lignes de la Madeleine à Saint-Denis, Opéra-Saint-Denis et Saint-Denis-Neuilly. La longueur totale de ce réseau est de 23 kilomètres, chacune de ces lignes ayant respectivement 8 kilomètres, 9 kilomètres et 6 kilomètres. La voie à l'extérieur de Paris est en rails Vignole, et en rails Broca à l'intérieur, l'écartement est de 1 m. 44. Les rampes atteignent 38 millimètres par mètre.

Les voitures à impériale couverte contiennent 50 pla-

ces. Le poids des voitures en charge et de 14.000 kilogrammes.

Chaque voiture comporte deux moteurs électriques d'une puissance de 12 chevaux chacun. Les moteurs sont bipolaires à induits Gramme, ils sont excités en série. Ils actionnent les essieux au moyen de deux paires d'engrenages baignant dans l'huile, le rapport des vitesses du moteur et de l'essieu est de 12 à 14.

La caisse de la voiture repose, par l'intermédiaire de galets, sur deux trucks, à un essieu, portant des chevilles ouvrières. Ces trucks sont reliés entre eux par un système articulé, à ressort, qui permet aux essieux de converger dans les courbes, et les ramène au parallélisme, en alignement droit.

Le courant est fourni aux moteurs par une batterie d'accumulateurs de 108 éléments placés sous les banquettes; chaque élément contient 18 kilogrammes de plaques, ces dernières étant au nombre de 11. Les 108 éléments placés dans des cuves en ébonite, sont réunis par groupes de 9 dans 12 caisses en bois, 6 sont placées de chaque côté de la voiture.

Dans chaque caisse les éléments sont montés en tension, et trois caisses sont elles-mêmes montées en série; de la sorte on a 4 batteries pouvant fournir chacune environ 50 volts. Chaque batterie est reliée au régulateur. Sur les caisses les pôles extrêmes sont formés par des lames de cuivre placées extérieurement et qui viennent frotter contre des ressorts lorsqu'on les place dans la voiture, c'est entre ces ressorts que les connexions sont établies.

Le régulateur se compose d'un cylindre en matière

isolante, portant des palettes en cuivre, reliées convenablement entre elles, et pouvant s'engager entre des brosses reliées aux batteries. On peut ainsi obtenir les combinaisons suivantes :

1° Les 4 batteries groupées en parallèle, la force électromotrice est alors de 50 volts.

2° Les batteries par séries de 2, groupées en parallèle, force électromotrice 100 volts.

3° Les 4 batteries en tension, force électromotrice 200 volts.

Les moteurs sont associés en série, le régulateur permet de les grouper en parallèle, mais cela ne se fait qu'exceptionnellement lorsque l'on veut obtenir une grande vitesse. Le régulateur permet aussi de changer le sens de marche et de supprimer l'un ou l'autre des moteurs.

Les batteries de chaque voiture ont une capacité totale de 230 ampères-heure, elles peuvent fournir un débit atteignant 80 ampères sous 200 volts, soit un peu plus de 4 ampères par kilogramme de plaque. Les accumulateurs sont du type Laurent-Cely, de la *Société pour le travail électrique des métaux*. Dans un nouveau type de voitures la batterie ne comporte plus que 59 éléments à neuf plaques et ne pèse que 1.700 kilogrammes au lieu de 3.000, ce qui réduit le poids total de la voiture à 11.700 kilogrammes. La batterie est placée tout entière dans une seule caisse suspendue sous la voiture entre les deux essieux.

Deux batteries sont affectées au service de chaque voiture, l'une étant en charge pendant que l'autre est sur la voiture. Le changement des batteries se fait assez

simplement, la voiture rentrant au dépôt vient se placer entre des bancs de charge portant des contacts à ressort semblables à ceux des voitures, on fait glisser sur ces bancs les accumulateurs de la voiture, on pousse ensuite la voiture vis-à-vis du banc contenant les accumulateurs chargés et on fait glisser ces derniers à leur place dans la voiture, qui alors est prête à faire un nouveau voyage. La figure 102 montre la disposition de ces bancs de charge.

La charge de batteries se fait à potentiel constant à 260 volts et dure six heures. Le courant nécessaire à la charge est fourni par des machines électriques Desroziers, actionnées par des moteurs Corliss-Garnier d'une puissance de 125 chevaux. Les dynamos génératrices tournant à 600 tours peuvent fournir une intensité de 230 ampères à 260 volts.

Ajoutons que dans des expériences faites dernièrement on a essayé de récupérer l'énergie absorbée aux descentes par les freins ; à cet effet on a remplacé les moteurs excités en série par des moteurs excités en dérivation, on les fait travailler en génératrices aux descentes, et on se sert du courant produit pour recharger les accumulateurs ; on peut arriver ainsi à une économie de 18 p. 100.

Nous bornerons à cet exemple la description des tramways à accumulateurs les autres existant ou en projet ne différant que par le système d'accumulateurs employés.

Ajoutons cependant que la même compagnie transformer actuellement, les lignes de la Madeleine à Courbevoie et de la Madeleine à Levallois, de façon à rem-

placer la traction par chevaux par la traction électrique



Fig. 102. — Bancs de charge des accumulateurs.

par accumulateurs ; les accumulateurs employés reste-

ront à poste fixe sur les voitures, et la charge s'en fera aux stations, ce sont des accumulateurs à charge rapide cette opération ne durera que 15 minutes. La batterie de chaque voiture comportera 200 éléments de 15 kilogrammes, type Tudor, ce qui représente un poids assez considérable et ce qui indique une capacité utilisable assez faible.

CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES

Le premier chemin de fer électrique proprement dit est le City and South London Railway qui dessert un des quartiers les plus populeux de Londres en réunissant King William Street à Stockwell et à Clapham Common; cette ligne date de 1890, elle est souterraine. Les trains se composent de deux voitures remorquées par des locomotives d'une puissance de 100 chevaux, construites sur les plans du docteur Hopkinson par MM. Mather et Platt.

Ces locomotives sont à deux essieux et du poids de 10 tonnes ; chaque essieu est lui-même l'axe de l'induit d'une dynamo. Les dynamos sont à excitation en série.

Le courant est recueilli par des frotteurs en fer placés en dessous de la locomotive, sur une barre d'acier située entre les deux rails, cette barre est supportée par des isolateurs en verre posés sur les traverses. Le conducteur est interrompu de distance en distance et chaque tronçon est alimenté par un feeder partant de l'usine.

Cette usine comporte trois groupes de machines de 375 chevaux, actionnant des dynamos Edison-Hopkinson de 450 ampères et 500 volts.

On a établi ensuite le chemin de fer électrique et aérien de Liverpool, dans lequel chaque voiture est automotrice, le courant étant pris sur des barres d'acier placées entre les rails, par des sabots en fonte.

En France, plusieurs compagnies ont fait des essais de traction électrique.

Sur la Compagnie du Nord où les essais ont été faits en premier lieu, l'idée adoptée fut de placer sur la machine une véritable usine génératrice, comportant des accumulateurs, ces derniers venant régulariser l'effort produit sur les génératrices, et venant aider puissamment ces dernières dans les démarrages et dans les endroits où l'effort demandé est considérable.

La première machine d'expérience construite ne comportait pas de génératrices, elle ne contenait qu'une batterie d'accumulateurs chargés d'avance. La locomotive pesait 46 tonnes, était constituée par une ancienne machine hors de service du type Mammouth. La batterie d'accumulateurs était formée par 80 éléments, Laurent-Cély de 183 kilogrammes de plaques par élément, chaque bac contenait 11 plaques 800/400 et de 6 millimètres d'épaisseur, les bacs étaient en ébonite et le poids total de la batterie était de 19 tonnes, la capacité de cette batterie était de 1859 ampères-heure, soit 13 ampères par kilogramme.

La locomotive comportait 4 moteurs d'une puissance normale de 30 chevaux ; ces moteurs de construction Bréguet étaient tétrapolaires et placés directement sur

les fusées de deux essieux extrêmes. Ces premières expériences ont été faites en 1893 et à notre connaissance on ne leur a pas donné de suite.

L'essai le plus important a été fait à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest avec la locomotive Heilmann. Cet ingénieur construisit une première machine d'essai qui fut appelée « la Fusée électrique » ; cette locomotive comportait une chaudière du système Lentz de 145 mètres carrés de surface de chauffe et 2,25 mètres carrés de surface de grille ; et une machine à vapeur compound en tendem, système Brown, pouvant produire 600 chevaux à la vitesse de 600 tours et 800 chevaux à 500 tours, le diamètre du grand cylindre était de 650 millimètres et celui du petit 425 millimètres, la course de 300 millimètres. La vapeur était fournie par la chaudière à la pression de 12 kilogrammes. Cette machine attaquait directement la dynamo génératrice,a courant continu; cette dynamo à 6 pôles, était à induit Gramme et pouvait débiter 1000 ampères à 400 volts en tournant à 300 tours. L'excitation était indépendante et produite par une petite machine bipolaire actionnée par un moteur spécial d'une puissance de 20 chevaux. C'est en agissant sur le régime de cette excitatrice que le réglage de la marche s'opérait, et cela par conséquent d'une façon très simple.

Les moteurs étaient à 4 poles dont deux conséquents la dynamo ne comportant que deux bobines inductrices, l'induit était calé directement sur l'essieu par l'intermédiaire de matières élastiques (*woodite*). L'induit était complètement enveloppé par l'armature, de façon à le protéger des boues et poussières.

Chaque essieu de la locomotive comportait un moteur de manière à obtenir l'adhérence totale.

A la suite des essais faits avec cette première locomotive M. Heilmann a construit un nouveau type de locomotive dont le principe est le même mais auquel il a apporté quelques perfectionnements.

La chaudière a dans ce nouveau type 185 mètres carrés de surface de chauffe, 4 mètres carrés de surface de grille et est timbrée à 14 kilogrammes.

La machine à vapeur a été complètément transformée, c'est une machine verticale Willans, comportant 6 groupes de cylindres, tournant à 400 tours. Elle est compound, les cylindres ayant respectivement des diamètres de 30 et de 48 centimètres, leur course étant de 40 centimètres.

Les dynamos génératrices, identiques à celles de la machine d'essai, sont calées à chaque extrémité de l'arbre de la machine à vapeur.

Les moteurs identiques, également à ceux de la machine primitive, sont au nombre de 8, un sur chaque essieu de la locomotive, leur puissance étant de 120 chevaux.

Les essais faits sur la ligne de l'Ouest avec cette machine ont paru satisfaisants, on arrive tout en ayant de grandes vitesses à supprimer les mouvements de roulis et de tangage des machines ordinaires à vapeur. La dépense de combustible paraît bonne; pour une locomotive, elle a été en moyenne de 39 grammes, par tonne et par kilomètre pour un train faisant le parcours aller et retour du Havre à Beuzeville (y compris le poids de la machine) où la ligne est assez accidentée.

En France, il existe quelques petites lignes principalement des embranchements industriels, desservies par des locomotives électriques. Nous citerons en particulier la ligne de Montmartre à la Béraudière, près Saint-Etienne, destinée au transport de la houille. Cette ligne était exploitée autrefois par des locomotives à vapeur, mais on a dû les abandonner; les mouvements du sol de cette région ayant obligé de boiser complètement un tunnel traversé par la ligne ce qui a restreint le gabarit de telle façon que les locomotives ordinaires ne pouvaient plus y passer. On a donc employé une locomotive électrique, constituée par un ancien wagon sur lequel on a monté une dynamo d'une puissance de 50 chevaux environ, agissant sur les essieux par l'intermédiaire de pignons et de chaînes de Galle.

La prise de courant se fait sur un rail placé latéralement à la voie et isolé seulement par des pièces en chêne paraffiné; les frotteurs sont constitués par deux sabots placés en avant et en arrière de la locomotive. La ligne contient des rampes qui atteignent 14 millimètres par mètre, cette installation est due à M. Hillairet.

C'est également ce même constructeur qui a installé la traction électrique aux usines à ciment Thorrand et Cie, à Vareppe, près Grenoble (Isère). Sur la ligne desservant ces usines les rampes atteignaient 80 millimètres par mêtre et les courbes en certains points n'ont que 22 mètres de rayon, la voie 0 m. 70 d'écartement. La locomotive sert également à transporter des matériaux de façon à lui donner une adhérance convenable. Elle est composée de deux bogies sur lesquels

reposent les longerons de la caisse. Chaque bogie porte une réceptrice qui attaque par un engrenage d'angle un arbre vertical, à la partie inférieure duquel est calé un autre engrenage conique attaquant l'essieu, les deux essieux sont réunis par une bielle. La prise de courant est faite au moyen d'un trolley sur une ligne aérienne supportée par des potaux à consoles et tendue dans l'axe de la voie.

Enfin en Amérique il y a actuellement en service quelques locomotives électriques. La Baltimore and Ohio Cy emploie pour la traversée souterraine de la ville de Baltimore une locomotive de 90 tonnes construite par la *General Electric Cy*. Cette locomotive doit pouvoir développer une puissance de 1.600 chevaux, elle comporte 3 bogies à 4 roues, chaque essieu est commandé par un moteur de 225 kilowatts tournant en vitesse normale à 70 tours par minute. Les inducteurs sont à 6 pôles et l'induit est réuni avec l'essieu au moyen d'un accouplement élastique.

La prise de courant est faite au moyen d'un trolley spécial, le conducteur est constitué par un tube en fer rectangulaire formé par l'assemblage de deux fers en Z sur une plaque de tôle, de façon à laisser une rainure longitudinale à sa partie inférieure, ce conducteur est suspendu au-dessus de l'entre-voie, à la voûte du tunnel, en dehors de ce tunnel, il est retenu par de véritables fermes, son poids étant considérahle, il pèse 50 kilogrammes au mètre. A l'Exposition de Chicago on a vu également une locomotive de 30 tonnes construite aussi par la Compagnie Thomson-Houston. Cette locomotive comporte seulement deux essieux moteurs.

Cette question de la traction électrique sur les grandes lignes est tout à fait à l'ordre du jour, mais malheureusement, ainsi qu'on a pu le voir, rien n'a encore été fait de complètement satisfaisant.

VOITURES ÉLECTRIQUES

Une application très intéressante de la traction électrique et qui jusqu'à ce jour n'a pas eu le développement qu'on aurait cru devoir lui être donné, est celle aux voitures automobiles.

Ce peu d'extension pris par les voitures automobiles mues par l'électricité, vient de la nécessité pour ces voitures d'employer les accumulateurs comme source d'énergie. Ces appareils n'ayant qu'une capacité limitée ne permettent aux voitures que d'effectuer un parcours relativement restreint qui, actuellement, selon les difficultés de la route, varie entre 50 et 100 kilomètres. Cet espace une fois parcouru, il faut recharger de nouveau les accumulateurs, et pour cela soit revenir au point de départ, soit trouver en route un lieu de chargement. Avec le développement que prend actuellement l'industrie électrique, il est à espérer que dans certaines localités relativement peu éloignées les unes des autres, il se créera des centres de chargement, ou comme autrefois les diligences changeaient de chevaux, les voitures électriques remplaceront leurs accumulateurs vides par une nouvelle batterie chargée, et cela d'étape en étape. Car quoi de plus agréable que la voiture électrique, la conduite en est excessivement simple et peut

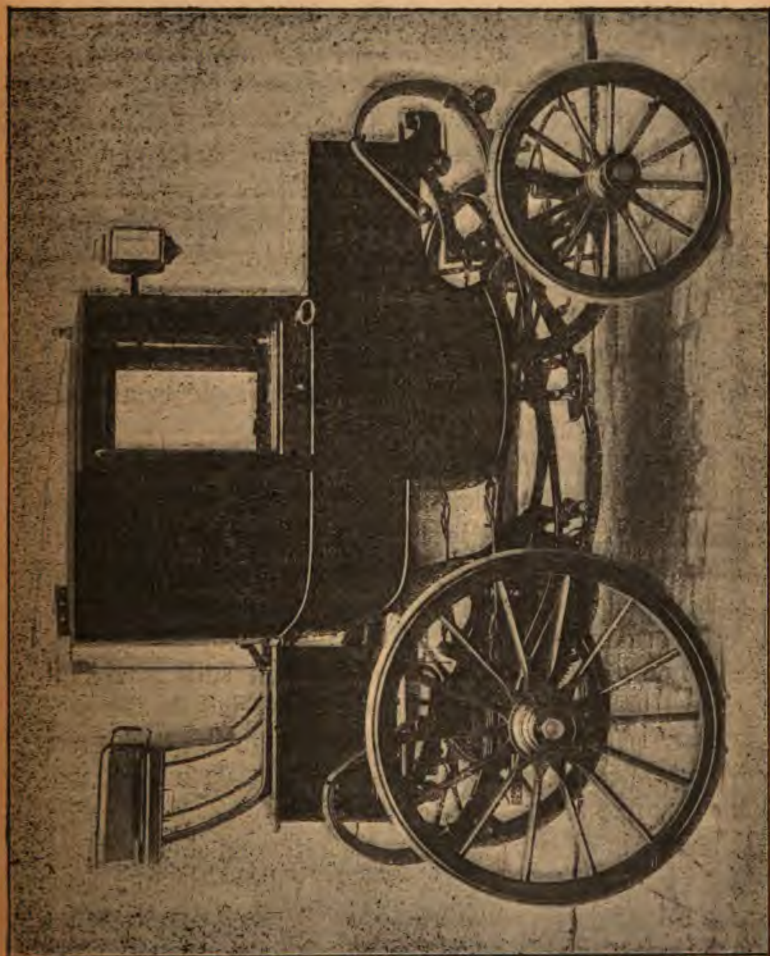


FIG. 103. — Voiture électrique Darracq

en être faite par n'importe qui, elle se prête à toutes les fantaisies du conducteur, plus n'est besoin, comme dans les voitures à moteurs à pétrole, de tourner une manivelle avant le départ, pour mettre en marche ce dit moteur, ni d'en subir les trépidations à l'arrêt. La vitesse se règle absolument comme on le désire et n'est pas dépendante d'un nombre limité d'embrayages. La voiture est propre et ne laisse pas derrière elle une odeur infecte qui permet de suivre sa trace à de grandes distances.

Et pourtant la voiture à pétrole, si primitive et si défectueuse qu'elle soit, a eu un succès considérable dans ces dernières années; quel sera donc celui qui attend la voiture électrique ?

Nous espérons que d'ici peu de temps il nous sera permis de voir circuler un grand nombre de voitures électriques, soit pour le service urbain, où les distances parcourues ne sont jamais bien longues et permettent toujours de rentrer dans un dépôt où la voiture peut charger de nouveau ses accumulateurs pendant la nuit, soit simplement changer de batterie ; soit pour les voyages pour lesquels il sera créé des relais de chargements, permettant également de changer la batterie ou de faire provision d'ampères-heure dans la batterie de la voiture.

Le premier essai de voiture électrique a été fait dans la course Paris-Bordeaux avec la voiture de M. Jeantaud, qui, au prix de grands sacrifices, fit établir tous les 25 kilomètres des relais d'accumulateurs ; cette voiture subit un accident dès le début de la course, d'où il résulta un échauffement continuel de l'essieu d'arrière,

et par suite nécessité d'arrêter toutes les heures pour refroidir cet essieu, et malgré cela, la voiture effectua 600 kilomètres.

Cette voiture contenant 6 places était actionnée par un moteur Rechniewski pouvant développer une puissance de 10 chevaux ; la puissance moyenne était de 6 chevaux. Le poids de ce moteur était de 250 kilogrammes seulement.

Les accumulateurs du type *Fulmen* formaient une batterie de 38 éléments de 15 kilogrammes, permettant d'obtenir une intensité de 70 ampères, sous une tension de 70 volts ; on pouvait ainsi arriver à une vitesse de 24 kilomètres à l'heure en palier sur bonne route.

Chaque batterie pesait environ 850 kilogrammes. Le moteur actionnait les roues d'arrière par l'intermédiaire du différentiel et de deux chaînes de Galle.

La vitesse se réglait au moyen de deux embrayages permettant d'obtenir des vitesses de 12 ou de 24 kilomètres à l'heure.

Depuis ce premier essai, plusieurs constructeurs ont établi différents types de voitures électriques ; parmi ces derniers nous signalerons la voiture de M. Darracq, destinée à faire un service urbain, et dont le confort et l'élégance ne laissent rien à désirer ; cette voiture (représentée par la figure 103) est un coupé huit-ressorts dans lequel le conducteur est placé en arrière comme dans un cab, de façon à laisser la vue libre aux voyageurs. Les accumulateurs logés à l'avant et à l'arrière de la voiture sont répartis en un certain nombre de boîtes, de manière à en faciliter la manutention. La batterie est constituée par 40 éléments de 7 kilo-

grammes de plaques. Le débit moyen étant de 25 ampères la capacité de la batterie est de 125 ampères-heure. Le poids total de la batterie est de 400 kilogrammes environ et elle permet de parcourir en terrain moyen une distance de 75 kilomètres.

Le moteur excité en dérivation permet d'obtenir de grandes variations du couple moteur sans changer le couplage de la batterie qui donne toujours un potentiel voisin de 75 volts. L'attaque sur l'essieu est faite par un double train d'engrenages, la vitesse du moteur pouvant atteindre 2.000 tours.

Le moteur attaquant les roues du train arrière, la direction se fait sur le train avant au moyen d'un parallélogramme articulé, manœuvré par un levier placé sous la main du conducteur.

TRACTION SUR L'EAU

La traction électrique sur l'eau a été peu appliquée jusqu'à présent, nous signalerons cependant l'essai de touage électrique fait sur le canal de Bourgogne. La machine du toueur a été remplacée par une dynamo recevant le courant d'usines génératrices actionnées par l'eau du canal même, les usines génératrices sont situées à chaque extrémité du canal et leurs dynamos sont réliées en série avec la dynamo réceptrice, les dynamos, sont du type Gramme et fournissent toutes deux un débit commun de 30 ampères, l'une donnant 370 volts l'autre 280, la tension totale étant de 250 volts. La prise de courant se fait au moyen de deux trolleys

ordinaires, la dynamo réceptrice a une puissance de 19 chevaux ; cette installation a été faite par M. Galliot, ingénieur des ponts et chaussées.

M. de Bovet a également étudié l'application de l'électricité au touage des bateaux, seulement au lieu d'avoir un toueur séparé remorquant les péniches, il place sur chaque bateau son treuil avec sa dynamo, la prise de courant se fait également par un fil aérien, mais pour laisser plus de latitude aux mouvements du bateau, la perche est supprimée, et le trolley est remplacé par un petit chariot courant sur les câbles conducteurs, et tiré par les câbles de prise de courant. La dynamo réceptrice d'une puissance de 3 chevaux donnait au bateau une vitesse de 1 mètre par seconde.

TRAMWAYS A COURANTS TRIPHASÉS

La facilité avec laquelle les courants alternatifs se prêtent au transport de force ont conduit les inventeurs à chercher leur application aux tramways ; de nombreux essais ont été faits dans cette voie, et enfin une première ligne a été mise en exploitation à Lugano (Suisse).

L'installation de cette ligne a été faite par la maison Brown, Boveri et Cie.

La ligne a une longueur de 5 kilomètres, les pentes atteignent 60 millimètres par mètre.

Chaque voiture pouvant contenir 24 places porte 2 moteurs de 20 chevaux, marchant sous une tension

de 400 volts. Le réglage de la vitesse se fait en modifiant le nombre de pôles du moteur au moyen du régulateur.

La prise de courant est faite au moyen de deux trolleys, la ligne est constituée par deux fils de cuivre de 6 millimètres de diamètre, le troisième conducteur nécessaire pour le courant triphasé est formé par les rails, éclissés électriquement. Le courant est fourni par une usine hydraulique située à 12 kilomètres de Lugano, elle comporte une turbine à axe horizontal actionnant une machine à courants triphasés de 150 chevaux. Le courant est produit à 5.000 volts avec fréquence de 4.800 par minute, il est envoyé à une station de transformation qui le ramène à 400 volts. Cette installation qui date de 1895 fonctionne dans de bonnes conditions.

TROISIÈME PARTIE

Considérations générales.

PRIX DE LA TRACTION ÉLECTIQUE

Le prix de revient de la traction électrique se divise en deux catégories distinctes :

1° Le prix de premier établissement ;

2° Le coût d'exploitation.

Prix de premier établissement. — Les prix de premier établissement sont excessivement variables ; ils dépendent du système employé, de l'importance du trafic et d'une infinité de circonstances locales. On ne peut donc les indiquer que très approximativement. Les chiffres que nous allons donner seront donc à accepter sous les plus grandes réserves. Nous ne parlerons bien entendu que de la partie électrique de la voie, sans tenir compte de la partie commune à tous les systèmes, c'est-à-dire l'infrastructure, le pavage, les rails, etc...

Lignes aériennes. — Le prix de revient d'une ligne à canalisation aérienne peut varier de 18.000 francs à 25.000 francs par kilomètre de voie simple ; pour la voie double le chiffre ne double pas car les poteaux restent les mêmes. Les prix ci-dessus ne comportent

pas les câbles d'alimentation ou les feeders, dont les dimensions et par suite la valeur dépendent absolument de la ligne. Les chiffres donnés plus haut peuvent se détailler ainsi qu'il suit :

Eclissage électrique de la voie, en fils de cuivre de 8 millimètres de diamètre, 200 joints à 2 fr. 50	500 fr.
Conducteur de retour placé parallèlement à chaque rail, en fils de 8 millimètres de diamètre, 2.000 mètres à 1 fr. 50	3.000 fr.
Conducteur aérien 1.000 mètres fil de 8 millimètres, à 1 fr. 50	1.500 fr.
500 mètres fils d'acier de 6 millimètres pour les transversales, à 0 fr. 15	75 fr.
50 potaux en acier mis en place à 300 francs	15.000 fr.
Isolateurs, tendeurs, évitements et tous accessoires	500 fr.
Total	20.575 fr.

Ces prix bien entendu ne s'appliquent qu'à un type particulier de ligne, dans beaucoup de cas les poteaux en acier peuvent être remplacés par des poteaux en bois, ou par des scellements dans les maisons, ou au contraire par de véritables candélabres très ornementés et coûtant beaucoup plus cher.

Le prix des voitures quel que soit le système varie de 16.000 à 20.000 francs tout l'équipement compris.

Canalisations souterraines. — Les prix d'installation des tramways avec canalisation souterraine sont excessivement élevés. Ces prix varient essentiellement avec les systèmes et avec les dimensions des caniveaux, ils ne nous paraissent pas être inférieurs à 60.000 francs

le kilomètre de voie simple et atteignent 200.000 francs pour les caniveaux visitables.

Canalisations au niveau du sol. — Le prix d'installation des système avec prise de courant au niveau du sol est aussi très variable, il peut tomber à 18.000 francs par kilomètre dans le système Claret et Vuillemmier et monter à 60.000 fr. et plus dans le système Westinghouse.

Tramways à accumulateurs. — Dans ce système de traction il n'y a plus de dépenses à faire pour la voie électrique proprement dite. Mais c'est alors le prix des voitures et des accumulateurs nécessaires à leur service qui devient assez considérable. Le prix peut en varier de 25.000 francs à 35.000 francs.

Prix de revient de la traction. — Le prix de revient de la traction s'exprime par kilomètre-voiture, c'est-à-dire la dépense nécessaire pour faire parcourir à une voiture une longueur de 1 kilomètre. On obtient ainsi une base de comparaison assez exacte pour une ligne déterminée, mais si l'on veut comparer des lignes différentes, comportant des voitures qui ne sont pas du même poids, ne marchant pas à la même vitesse, sur des voies ne présentant pas les mêmes rampes, la comparaison devient illusoire.

Dans l'évaluation du prix de revient de traction entrent deux séries de facteurs :

1° Les facteurs qui sont indépendants du système et qui ne dépendent que des circonstances locales, tels que rampes, vitesse, etc. ;

2° Les facteurs qui dépendent du système, tel que

consommation de charbon, poids mort des voitures, etc.

Nous croyons donc que le prix de traction devrait toujours autant que possible être ramené à une voie type et être rapporté au poids de voyageurs ou de marchandises transporté. On devrait par exemple donner le prix de traction pour 1.000 kilogrammes de voyageurs transportés avec une vitesse de 10 kilomètres à l'heure sur une voie en palier et en alignement droit, l'effort de traction étant supposé égal à 12 kilogrammes.

On n'arrivera pas ainsi à une solution exacte du problème, mais on se rapprochera tout au moins très sensiblement de la vérité. On pourra arriver à calculer ce prix de la tonne-kilomètre transportée sur la voie type de la façon suivante : Soit F le prix du kilomètre-voiture sur une ligne donnée et X le prix cherché de la tonne-kilomètre sur la voie type.

On calcule l'effort moyen à produire sur la ligne donnée, soit P′ cet effort, il peut se trouver par le calcul, en déterminant l'effort de traction nécessaire en chaque point de la ligne au moyen du profil en long et en prenant la moyenne de ces efforts, ou encore expérimentalement en mesurant la puissance développée à l'usine et en divisant cette puissance par le nombre de voitures en service.

On détermine l'effort moyen à produire sur la ligne type, cet effort est

$$P = \frac{p \times 2{,}78 \times 12}{75}$$

p étant le poids de la voiture complète. Soit X′ le prix

du kilomètre-voiture sur la ligne type, on aura

$$X' = F \times \frac{P}{P'}$$

Si maintenant n est le poids de voyageurs transportés, en kilogramme, le prix de la tonne-kilomètre sera :

$$X = F \times \frac{P}{P'} \times \frac{1.000}{n}$$

On obtient ainsi un prix qui permettra de comparer d'une façon approchée les prix de revient de traction des différents systèmes.

Pour que la comparaison soit encore plus exacte, il faut que dans la détermination du prix du kilomètre-voiture on fasse entrer en compte tout ce qui dépend du système.

Ce prix doit comprendre tous les frais d'usine: charbon, eau, graissage, entretien, personnel, amortissement et intérêt du capital usine ; réparations, graissage, entretien, intérêt et amortissement du matériel roulant, et tous frais quelconques nécessaires à la traction proprement dite, entretien et amortissement des canalisations servant à transmettre l'énergie aux voitures.

On ne doit pas compter le personnel de l'exploitation, conducteurs, receveurs, contrôleurs, ni les frais généraux, l'amortissement du capital de bâtiments ne servant pas à la traction proprement dite ; en un mot ne doit pas être compté ce qui est commun à tous les systèmes de traction mécanique.

Prix de la traction par les différents systèmes. — Ce sont incontestablement les tramways électriques qui

coûtent le moins cher de traction de tous les autres systèmes de tramways.

Le prix de revient de traction proprement dite avec les différents systèmes tels que fil aérien, conducteur souterrain ou au niveau du sol reviennent en moyenne de 0 fr. 18 à 0 fr. 24 par kilomètre-voiture.

En comptant toutes les charges on arrive à un prix de 45 à 55 centimes par kilomètre-voiture.

Ainsi les dépenses des tramways du Havre en 1895 peuvent se répartir ainsi :

Frais de traction	0.2443
Entretien de la voie	0.0195
Frais généraux	0.1930
Total	0.4568

Nous citerons encore les dépenses d'exploitation des tramways de Clermont-Ferrand qui se décomposent ainsi par voiture-kilomètre pour une ligne très accidentée.

Entretien des voitures	0.022
— voie de roulement	0.018
Ligne électrique	0.003
Bâtiments	0.001
Graissage et nettoyage	0.021
Combustible	0.064
Machines et chaudières	0.018
Éclairage	0.001
Outillage	0.002
Personnel de traction	0.078
— trafic	0.066
— contrôle	0.017
Frais généraux, impôts, etc	0.139
Total	0.450

Dans ce prix de 0 fr. 45 les dépenses de traction proprement dites entrent pour 0 fr. 185.

Les prix précédents sont applicables à tous les systèmes de traction électrique à usine fixe ; si au contraire on considère la traction par accumulateur ce prix augmente sensiblement et peut se décomposer comme suit :

Entretien et manutention des accumulateurs	0.16
Production de courant..........	0.18
Entretien des trucks et moteurs.	0.05
Personnel de traction..	0.08
Total.........	0.47

On voit que dans ce prix l'entretien et la manutention des accumulateurs entrent pour une grosse part, avec les perfectionnements que l'on apporte actuellement à ces appareils ce prix diminuera sensiblement, en même temps en employant la récupération on diminuera la dépense de courant et on pourra arriver à une dépense totale de traction de 0 fr. 34 par kilomètre-voiture.

Effets d'électrolyse sur les conduites voisines des lignes de tramways.

Lorsque dans le voisinage d'une ligne de tramways électriques où le retour du courant se fait par les rails se trouvent des conduites métalliques (eau, gaz, etc.), on a constaté dans certains cas que ces conduites se

détérioraient rapidement, et cela d'autant plus que le retour par les rails est moins bien assuré. Cette détérioration est due à des phénomènes d'électrolyse occasionnés par des dérivations du courant de retour, ces dérivations venant emprunter comme conducteur les conduites métalliques en question.

Dans ces dernières années on a exagéré beaucoup l'importance de cette action électrolytique en citant comme exemples des cas très graves qui s'étaient produits en Amérique ; mais il est certain que les lignes citées avaient été très mal établies, et choisies avec soin par les personnes qui avaient intérêt à nuire au développement de la traction électrique.

Dans une ligne bien établie et où toutes les précautions sont bien prises, les accidents produits par l'électrolyse ne sont pas à redouter, ainsi que l'a si bien démontré M. Potier dans sa communication à la Société internationale des électriciens, communication que nous allons essayer de résumer.

Dès que la différence de potentiel entre deux points du rail ou du conducteur de retour (lorsque celui-ci est nu) excède la force contre-électromotrice de polarisation il s'établit un courant dérivé dans le sol, si un autre conducteur (conduite métallique) se trouve au voisinage dans le sol, il sera également parcouru par un courant dérivé, si la différence de potentiel entre deux points du sol est plus grande que la force contre-électromotrice de polarisation déterminée à la surface de ce conducteur par l'entrée et la sortie de ce courant.

Cette force contre-électromotrice de polarisation est

généralement voisine de 2 volts, l'électrolyse se produira donc lorsque la différence de potentiel entre deux points du conducteur de retour dépassera 4 volts.

Pour remédier aux effets d'électrolyse on peut employer plusieurs procédés.

Le premier consiste à relier électriquement le conducteur de retour avec les conduites métalliques; ce procédé est souvent bon, mais dans certains cas il devient dangereux, si par exemple la conduite métallique ne forme pas un conducteur continu.

Le meilleur procédé consiste à améliorer la conductance du retour, pour cela on peut diviser la ligne en tronçons, chaque tronçon ayant un fil de retour spécial,tous ces fils de retour ayant la même résistance. Si on suppose une voiture sur chaque tronçon, le courant de retour ira directement à la géneratrice par le fil correspondant et les rails ne seront parcourus par le courant de la voiture que sur la longeur qui sépare la voiture de l'attache de ce fil de retour.

Cette solution est assez coûteuse par suite de la grande quantité de cuivre à employer, et il vaut mieux employer ce cuivre à améliorer les joints des rails.Dans une ligne bien établie,on peut admettre que la résistance pour une voie double en rails de 40 kilogrammes n'est que 0 ω 007 par kilomètre, on pourra dans une telle ligne faire circuler 200 ampères sans dépasser 3,5 volts de différence de potentiel entre les deux extrémités. Cette intensité de 200 ampères correspond à un trafic intense. On peut donc admettre que pour des lignes ne s'étendant pas à plus de 5 kilomètres de l'usine géneratrice une bonne construction de la voie suffit.

La meilleure solution serait donc, comme l'indique M.Potier, pour une ligne un peu étendue, de l'alimenter de distance en distance par des sous-stations disposées au centre de chaque section de 10 kilomètres.

Il faut remarquer en outre que les lignes de tramways n'ont jamais de bien grandes longueurs et que par conséquent la solution sera toujours facile.

Comparaison avec les autres systèmes de traction mécanique. — Si nous comparons la traction électrique aux autres systèmes de traction mécanique, nous voyons que la traction électrique l'emporte à tous les points de vue. Elle est très élastique, les voitures ne dégagent ni odeur, ni fumée, peuvent être très légères et marcher rapidement, quant aux frais de traction ils sont beaucoup plus considérables dans les autres systèmes.

Les frais de traction seulement, pour les tramways à air comprimé montent à 0 fr. 45 par kilomètre-voiture. Les tramways à vapeur Serpollet ou à vapeur surchauffée dépensent 0 fr. 43 et 0 fr. 40 par kilomètre-voiture, les tramways à gaz 0 fr. 42 ; on voit par ces quelques chiffres que la traction électrique coûte en général la moitié de la traction par les autres systèmes.

Des considérations qui précèdent on peut conclure que la traction électrique malgré le grand développement qu'elle a pris ces dernières années n'en est qu'à son début et que prochainement elle remplacera en grande partie les modes de locomotion employés actuellement.

QUATRIÈME PARTIE

Règlements d'administration publique réglementan l'installation et l'exploitation des tramways.

Loi du 11 *juin* 1880 *relative aux chemins de fer d'intérêt local et aux tramways.*

TRAMWAYS

Art. 26.

Il peut être établi, sur les voies dépendant du domaine public de l'État, des départements ou des communes, des tramways ou voies ferrées à traction de chevaux ou de moteurs mécaniques.

Ces voies ferrées, ainsi que les déviations accessoires construites en dehors du sol des routes et chemins et classées comme annexes, sont soumises aux dispositions suivantes.

Art. 27.

La concession est accordée par l'État lorsque la ligne doit être établie, en tout ou en partie, sur une voie dépendant du domaine public de l'État.

Cette concession peut être faite aux villes ou aux départements intéressés avec faculté de rétrocession.

La concession est accordée par le Conseil Général, au nom du département, lorsque la voie ferrée, sans emprunter une route nationale, doit être établie, en tout ou en partie, soit sur une route départementale, soit sur un chemin de grande communication ou d'intérêt commun, ou doit s'étendre sur le territoire de plusieurs communes.

Si la ligne doit s'étendre sur plusieurs départements, il y aura lieu à l'application des articles 89 et 90 de la loi du 10 août 1871.

La concession est accordée par le conseil municipal, lorsque la voie ferrée est établie entièrement sur le territoire de la commune et sur un chemin vicinal ordinaire ou sur un chemin rural.

Art. 28.

Le département peut accorder la concession à l'État ou à une commune avec faculté de rétrocession; une commune peut agir de même à l'égard de l'État ou du département.

Art. 29.

Aucune concession ne peut être faite qu'après une enquête dans les formes déterminées par un règlement d'administration publique et dans laquelle les conseils généraux des départements et les conseils municipaux des communes dont la voie doit traverser le territoire seront entendus, lorsqu'il ne leur appartiendra pas de statuer sur la concession.

L'utilité publique est déclarée et l'exécution est autorisée par décret délibéré en Conseil d'État, sur le rapport du ministre des Travaux publics, après avis du ministre de l'Intérieur

Art. 30.

Toute dérogation ou modification apportée aux clauses du cahier des charges type, approuvé par le Conseil d'État, devra être expressément formulée dans les traités passés au sujet de la concession, lesquels seront soumis au Conseil d'État et annexés au décret.

Art. 31.

Lorsque, pour l'établissement d'un tramway, il y aura lieu à expropriation, soit pour l'élargissement d'un chemin vicinal soit pour l'une des déviations prévues à l'article 26 de la présente, cette expropriation pourra être opérée conformément à

l'article 16 de la loi du 21 mai 1836, sur les chemins vicinaux, et à l'article 2 de la loi du 8 juin 1864.

Art. 32.

Les projets d'exécution sont approuvés par le ministre des Travaux publics lorsque la concession est accordée par l'État.

Les dispositions de l'article 3 sont applicables lorsque la concession est accordée par un département ou par une commune.

Art. 33.

Les taxes perçues dans les limites du maximum fixé par l'acte de concession sont homologuées par le ministre des Travaux publics, dans le cas où la concession est faite par l'État, et par le préfet dans les autres cas.

Art. 34.

Les concessionnaires de tramways ne sont pas soumis à l'impôt des prestations, établi par l'article 3 de la loi du 21 mai 1836, à raison des voitures et des bêtes de trait exclusivement employées à l'exploitation du tramway.

Les départements ou les communes ne peuvent exiger des concessionnaires une redevance ou un droit de stationnement qui n'aurait pas été stipulé expressément dans l'acte de concession.

Art. 35.

A l'expiration de la concession, l'administration peut exiger que les voies ferrées qu'elle avait concédées soient supprimées en tout ou en partie, et que les voies publiques et leurs déviations lui soient remises en état de viabilité aux frais du concessionnaire.

Art. 36.

Lors de l'établissement d'un tramway desservi par les locomotives et destiné au transport des marchandises en même temps qu'au transport des voyageurs, l'État peut s'engager, — en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses d'exploitation et cinq pour cent (5 p. 100) par an du capital d'établissement tel qu'il a été prévu par l'acte de concession et

augmenté, s'il y a lieu, des insuffisances constatées pendant la période assignée à la construction par ledit acte, — à subvenir, pour partie, au paiement de cette insuffisance, à condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou par la commune avec ou sans le concours des intéressés.

La subvention de l'État sera formée : 1° d'une somme fixe de cinq cents francs (500 fr.) par kilomètre exploité; 2° du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de six mille francs (6.000 fr.) par kilomètre.

En aucun cas, la subvention de l'État ne pourra élever la recette brute au-dessus de six mille cinq cents francs (6.500 fr.), ni attribuer au capital de premier établissement plus de cinq pour cent (5 p. 100) par an.

La participation de l'État sera suspendue de plein droit quand les recettes brutes annuelles atteindront la limite ci-dessus fixée.

Art. 37.

La loi du 15 juillet 1845, sur la police des chemins de fer, est applicable aux tramways, à l'exception des articles 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10.

Art. 38.

Un règlement d'administration publique déterminera les mesures nécessaires à l'exécution des dispositions qui précèdent et notamment :

1° Les conditions spéciales auxquelles doivent satisfaire, tant pour leur construction que pour la circulation des voitures et des trains, les voies ferrées dont l'établissement sur le sol des voies publiques aura été autorisé ;

2° Les rapports entre le service de ces voies ferrées et les autres services intéressés.

Art. 39.

Sont applicables aux tramways les dispositions des articles 4, 6 à 10, 14 à 19, 21 et 24 de la présente loi.

La présente loi délibérée et adoptée par le Sénat et la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Fait à Paris, le 11 juin 1880.

Par le Président de la République :
J. GRÉVY.

Le ministre des Travaux publics,
H. VARROY.

DÉCRET

Portant règlement d'administration publique, sur la forme des enquêtes, en matière de chemin de fer d'intérêt local et de tramways.

Le président de la République française, sur le rapport du ministre des Travaux publics ;

Vu la loi du 11 juin 1880 et notamment les articles ci-après :

« Art. 29, § 1er (Chapitre II. — Tramways). — Aucune concession ne peut être faite qu'après une enquête dans les formes déterminées par un règlement d'administration publique et dans laquelle les conseils généraux des départements et les conseils municipaux des communes, dont la voie doit traverser le territoire, seront entendus, lorsqu'il ne leur appartiendra pas de statuer sur la concession. »

« Art. 3, § 5 (Chapitre Ier. — Chemin de fer d'intérêt local). — Si le chemin de fer d'intérêt local doit emprunter le sol d'une voie publique, les projets d'exécution sont précédés de l'enquête prévue par l'article 29 de la présente loi. »

Vu l'avis du conseil général des ponts et chaussées, en date du 21 février 1881 ;

Le Conseil d'État entendu,

Decrète :

Article premier.

Les demandes tendant à établir des voies ferrées à traction de chevaux ou de moteurs mécaniques sur les voies dépendant du domaine public sont adressées :

Au ministre des Travaux publics, lorsque la concession doit,

conformément à l'article 27 de la loi susvisée, être accordée par l'État;

Au préfet, lorsqu'elle doit être accordée par le conseil général;

Au maire, lorsqu'elle peut l'être par le conseil municipal.

Art. 2.

La demande doit être accompagnée d'un avant-projet comprenant :

1° Un extrait de carte à l'échelle $\frac{1}{80000}$;

2° Un plan général des voies publiques empruntées ainsi que les déviations proposées à l'échelle $\frac{1}{10000}$ avec indication des constructions qui bordent ces voies publiques, des chemins publics ou particuliers qui s'en détachent, des plantations ou des ouvrages d'art qui en dépendent; on désignera sur ce plan, au moyen de teintes conventionnelles,les sections du tramway que l'on projette de construire avec simple ou avec double voie, et celles qui seraient établies avec rails encastrés dans la chaussée et plate-forme accessible à la circulation des voitures ordinaires, ou avec rails saillants et plate-forme non praticable pour les voitures ordinaires; on indiquera aussi les emplacements des stations, haltes, garages, et, en général, de toute les dépendances du tramway;

3° Un profil en long à l'échelle de $\frac{1}{5000}$ pour les longueurs et de $\frac{1}{1000}$ pour les hauteurs, indiquant au moyen d'un trait et de cotes noires les déclivités de la voie publique existante, et au moyen d'un trait et de cotes rouges celles de la voie ferrée,ainsi que les déviations projetées;

4° Des profils en travers types, à l'échelle de deux centimètres (0 m. 02) pour mètre, indiquant les dispositions de la plate-forme de la voie ferrée avec le gabarit du matériel roulant, côté de dehors en dehors, de toutes les saillies latérales que ce matériel comporte; ces profils en travers devant s'appliquer soit au cas où la plate-forme de la voie ferrée resterait accessible et praticable pour les voitures ordinaires, soit au cas où

la plate-forme de la voie ferrée ne devrait pas être accessible à la circulation des voitures ordinaires ;

5° Un plan à l'échelle de 5 millimètres pour un mètre de chacune des traverses suivies par le tramway.

Ce dernier plan sera dressé dans la forme des plans d'alignement des traverses.

Il indiquera les propriétés bâties en bordure avec les noms des propriétaires.

Les caniveaux et les trottoirs y seront tracés exactement.

La zone qui doit être occupée par la circulation du matériel roulant du tramway (toutes saillies latérales comprises) sera limitée au moyen de deux traits bleus, et cette zone recouverte d'une teinte bleue.

Ces cotes en nombre suffisant serviront à indiquer, notamment dans les parties étroites, la largeur de la zone qui serait affectée à la circulation du matériel du tramway, la largeur de chacune des parties latérales de la chaussée qui resteraient libre entre la zone teintée en bleu comme il est dit ci-dessus et les bordures trottoirs, ainsi que la largeur de chaque trottoir ou les largeurs qui seraient comprises entre la même zone et les façades de constructions.

Art. 3.

A l'avant-projet sera joint un mémoire descriptif indiquant le but de l'entreprise, les avantages qu'on peut s'en promettre et les dépenses qu'elle entraînera.

On y annexera le tarif des droits dont le produit serait destiné à couvrir les frais des travaux projetés.

Les données suivantes seront relatées dans un chapitre spécial du mémoire descriptif :

1° Le genre de service auquel le tramway serait affecté : voyageurs seulement, voyageurs et messageries ou voyageurs et marchandises ;

2° Le mode d'exploitation projeté, avec arrêts seulement à certaines gares et haltes déterminées, ou bien avec arrêts en pleine voie, à l'effet de prendre et de laisser sur tous les points du parcours les voyageurs et les marchandises d'une certaine

catégorie (sous réserve de l'observation des règlements de police à intervenir) indépendamment des stationnements aux gares et haltes indiquées;

3° Le minimum du rayon des courbes suivant lesquelles la voie ferrée serait tracée ;

4° Le maximum des déclivités des rampes et pentes de la voie ferrée ;

5° Le mode de traction qui serait employé ;

6° Le maximum de largeur du matériel roulant, toutes saillies latérales comprises ;

7° Les dispositions qui seraient proposées à l'effet de maintenir l'accès des chemins publics ou particuliers, ainsi que des maisons riveraines ;

8° Le minimum de la distance qui séparera la zone affectée au tramway des façades des propriétés riveraines situées en rase campagne ou de l'arête extérieure de l'accotement des voies publiques ;

9° Le maximum de la longueur des trains ;

10° Le maximum de la vitesse des trains ;

11° Le nombre minimum des trains qui seront mis chaque jour à la disposition du public.

Art. 4.

Après instruction, la demande est soumise à l'autorité qui doit faire la concession, et celle-ci décide s'il y a lieu de procéder à l'enquête.

Quand cette autorité a décidé que l'enquête doit avoir lieu, le préfet prend un arrêté pour fixer le jour et les lieux où l'enquête sera ouverte et pour nommer les membres de la commission, le tout conformément aux règles ci-après.

Cet arrêté est affiché dans toutes les communes de chacun des cantons que la ligne doit traverser.

Art. 5.

La commission d'enquête se compose de sept membres au moins et de neuf au plus, pris parmi les principaux propriétaire des terres, de bois, de mines, les négociants et les chefs d'établissements industriels.

Si la ligne ne doit pas sortir des limites d'une commune, la commission se réunit à la mairie de cette commune; si elle traverse plusieurs communes d'un même arrondissement, la commune se réunit à la sous-préfecture de cet arrondissement; si elle traverse plusieurs arrondissements d'un même département la commission siège à la.préfecture; si elle traverse deux ou plusieurs départements, il est nommé une commission par département et chacune d'elle siège à la préfecture.

La commission désigne elle-même son président et son secrétaire.

Art. 6.

Les pièces indiquées aux articles 2 et 3 ainsi que des registres destinés à recevoir les observations auxquelles peut donner lieu l'entreprise projetée restent déposés pendant un mois à la mairie de chaque chef-lieu de canton que la ligne doit traverser, où à la mairie de la commune, si la ligne ne sort pas du territoire d'une commune.

En outre, le plan de chaque traverse mentionnée au n° 5 de l'article 2 est déposé pendant le même temps avec un registre spécial à la mairie de la commune traversée.

Les pièces ci-dessus indiquées sont fournies par le demandeur en concession et à ses frais.

Art. 7.

A l'expiration du délai ci-dessus fixé, la commission d'enquête se réunit sur la convocation du préfet, du sous-préfet ou du maire, suivant le lieu où elle doit siéger; elle examine les déclarations consignées aux registres de l'enquête, entend les ingénieurs des ponts et chaussées et des mines employés dans le département et après avoir recueilli auprès de toutes les personnes qu'elle juge utile de consulter les renseignements dont elle croit avoir besoin, elle donne son avis motivé tant sur l'utilité de l'entreprise que sur les diverses questions qui ont été posées par l'administration ou soulevées au cours de l'enquête.

Ces diverses opérations, dont elle dresse le procès-verbal, doivent être terminées dans un délai de quinze jours.

Art. 8.

Aussitôt que le procès-verbal de la commission d'enquête est clos, et au plus tard à l'expiration du délai fixé en vertu de l'article précédent, le président de la commission transmet ledit procès-verbal au préfet avec les registres et les autres pièces.

Art. 9.

Les chambres de commerce, et à défaut les chambres consultatives des arts et manufactures des villes intéressées à l'exécution des travaux, sont appelées par le préfet à délibérer et à exprimer leur opinion sur l'utilité et la convenance de l'entreprise.

Art. 10.

Les conseils généraux des départements et les conseils municipaux des communes dont la voie projetée doit traverser le territoire, convoqués au besoin en session extraordinaire, sont appelés à délibérer et à émettre leur avis sur les mêmes objets lorsqu'il ne leur appartient pas de statuer sur la coucession.

Art. 11.

Lorsque toutes les formalités prescrites par les articles précédents ont été remplies, ainsi que celles qui peuvent être nécessaires aux termes des lois et règlements sur les travaux mixtes, le préfet adresse, dans le plus faible délai possible, le dossier complet, avec l'avis des ingénieurs et son avis particulier, à l'autorité qui doit donner la concession; il joint à ce dossier le projet du cahier des charges de la concession.

Art. 12.

Les dispositions qui précèdent sont applicables aux chemin de fer d'intérêt local qui doivent emprunter le sol de voies publiques sur une partie de leur parcours.

Les avant-projets et mémoires descriptifs de ces lignes de chemin de fer sont complétés conformément aux articles 2 et 3 du présent décret et au paragraphe 5 de l'article 3 de la loi susvisée pour ce qui concerne les sections à poser sur les voies publiques.

Art. 13.

L'enquête faite dans les formes ci-dessus sert pour faire déclarer l'utilité publique de l'entreprise et pour en faire autoriser l'exécution tant sur le sol des routes et chemins qu'en dehors des voies publiques.

Art. 14.

Le ministre des Travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal Officiel* et inséré au *Bulletin des lois.*

Fait à Paris, le 13 mai 1881.

Par le Président de la République :
JULES GRÉVY.

Le ministre des Travaux publics,
SADI CARNOT.

DÉCRET

portant règlement d'administration publique pour l'exécution de l'article 38 de la loi du 11 juin 1880.

Etablissement et exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des Travaux publics;

Vu la loi du 11 juin 1880 et notamment l'article 38 ainsi conçu :

« Un règlement d'administration publique déterminera les mesures nécessaires à l'exécution des dispositions qui précèdent et notamment :

« 1° Les conditions spéciales auxquelles doivent satisfaire, tant pour leur construction que pour la circulation des voitures et des trains, les voies ferrées dont l'établissement sur le sol des voies publiques aura été autorisé;

« 2° Les rapports entre le service de ces voies ferrées et les autres services intéressés. »

Vu les avis du Conseil général des ponts et chaussées, en date des 20 janvier et 7 juillet 1881 ;

Le Conseil d'État entendu,

Décrète :

TITRE PREMIER

CONSTRUCTION

Article premier.

Projet d'exécution. — Aucun travail ne peut être entrepris pour l'établissement d'une voie ferrée sur le sol des voies publiques qu'avec l'autorisation de l'administration compétente donnée sur le vu des projets d'exécution.

Chaque projet d'exécution comprend l'extrait de carte, le plan général, le profil en long, les profils en travers types et les plans de traverses dont la production est exigée par l'article 2 du règlement d'administration publique du 18 mai 1881, ces documents dressés dans la forme prescrite par l'article précité, et dûment complétés ou rectifiés d'après les résultats de l'instruction à laquelle l'avant-projet à été soumis.

Le projet d'exécution comprend en outre :

1° Des profits en travers de l'échelle de 0 m. 005 pour mètre, relevés en nombre suffisant, principalement dans les traverses et dans les parties où les voies publiques empruntées n'ont pas la largeur et le profil normal ;

2° Un devis descriptif dans lequel sont reproduites, sous forme de tableau, les indications relatives aux déclivités et aux courbes déjà données sur le profil en long;

3° Un mémoire dans lequel toutes les dispositions essentielles du projet sont justifiées.

Le projet d'exécution est remis au préfet en deux expéditions, dont une, revêtue de l'approbation que le préfet aura donnée en se conformant à la décision de l'autorité compétente pour les projets d'ensemble, est rendue au concessionnaire tandis que l'autre demeure entre les mains du préfet.

Les projets comprenant les déviations en dehors du sol des routes et des chemins sont soumis à l'approbation du ministre des Travaux publics, pour ce qui concerne la grande voirie et les cours d'eau et, ne peuvent être adoptés par l'autorité qui a donné la concession que sous la réserve des décisions prises ou à prendre par le ministre des Travaux publics sur les objets qui précèdent.

Avant comme pendant l'exécution, le concessionnaire aura la faculté de proposer, aux projets approuvés, les modifications qu'il jugerait utiles ; mais ces modifications ne pourront être exécutées qu'avec l'approbation de l'autorité qui a revêtu de sa sanction les dispositions à modifier.

De son côté l'administration pourra ordonner d'office les modifications dont l'expérience ou les changements à opérer sur la voie publique feraient reconnaître la nécessité.

En aucun cas, ces modifications ne pourront donner lieu à indemnité.

Art. 2.

Bureau d'attente et de contrôle, égout, etc. — La position des bureaux d'attente et de contrôle qui peuvent être autorisés sur la voie publique, celle des égouts, de leurs bouches et regard, et des conduites d'eau et de gaz, doivent être indiquées sur les plans présentés par le concessionnaire, ainsi que tout ce qui serait de nature à influer sur la position de la voie ferrée et sur le bon fonctionnement de divers services qui peuvent en être affectés.

Art. 3.

Voies doubles et gares d'évitement. — Le projet d'exécution indique le nombre de voies à établir sur les différentes sections des lignes concédées, ainsi que sur le nombre et la disposition des gares d'évitement.

Art. 4.

Largeur de la voie, gabarit du matériel. Entre-voie. — La largeur de la voie est fixée pour chaque concession par le cahier des charges. La largeur des locomotives et des caisses des véhi-

cules, ainsi que leur chargement, ne peut excéder ni deux fois et demie la largeur de la voie, ni la cote maximum de deux mètres quatre-vingts centimètres (2 m. 80,) et la largeur extrême occupée par le matériel roulant y compris toutes saillies, notamment celles des lanternes et des marche-pieds latéraux, ne peut dépasser la largeur des caisses augmentée de trente centimètres (0 m. 30).

La hauteur du matériel roulant et de son chargement ne peut excéder quatre mètres vingt centimètres (4 m. 20) pour la voie de 1 m. 44; elle est réglée d'une manière définitive et invariable par le cahier des charges pour les voies de largeur moindre, de manière à ne pas compromettre la sécurité du public.

Dans les parties à plusieurs voies, la largeur de chaque entre-voie est telle qu'il reste un intervalle libre d'au moins cinquante centimètres (0 m. 50) entre les parties les plus saillantes de deux véhicules qui se croisent.

Art. 5.

L'autorité qui a fait la concession détermine les sections de la ligne où la voie sera établie au niveau de la chaussée, avec rails noyés, en restant accessible et praticable pour les voitures ordinaires, et elle sera placée sur un accotement praticable pour les piétons, mais interdit aux voitures ordinaires.

Le cahier des charges de chaque concession détermine les largeurs qui doivent être réservées pour la libre circulation sur la voie publique, de telle façon que le croisement de deux voitures soit toujours assuré, l'une de ces deux voitures pouvant être le véhicule du tramway, dans le premier des deux cas considérés ci-dessus.

Les dispositions prescrites doivent d'ailleurs assurer dans tous les cas la sécurité du piéton qui circule sur la voie publique et celle du riverain dont les bâtiments sont en façade sur cette voie.

Si l'emplacement occupé par la voie ferrée reste accessible et praticable pour les voitures ordinaires, les rails sont à gorge ou accompagnés de contre-rails; la largeur des vides ou ornières ne peut excéder vingt-neuf millimètres (0 m. 029) dans les

parties droites et trente cinq millimètres (0 m. 035) dans les parties courbes. Les voies ferrées sont posées au niveau de la chaussée, sans saillie ni dépression sur le profil normal de celle-ci.

Art. 6.

Le concessionnaire fournit, sur les points qui lui sont indiqués, des emplacements pour le dépôt des matériaux d'entretien qui trouvaient place, auparavant, sur l'accotement occupé par la voie ferrée.

Lorsque, pour maintenir la voie ferrée dans les limites de courbure et de déclivité fixées par le cahier des charges, ou pour maintenir le fontionnement des services intéressés (article 2), on doit faire subir quelques modifications à l'état de la voie publique, le concessionnaire exécute tous les travaux, soit à ses frais, soit avec le concours des services intéressés, s'il y a lieu, conformément aux projets approuvés par l'administration.

Il opère pareillement les élargissements qui sont indispensables afin de restituer à la voie publique la largeur exigée en vertu de l'article précédent.

Il doit maintenir l'accès à la voie publique des voitures ordinaires, au droit des chemins publics et particuliers ainsi que des entrées charretières qui seraient interceptées par la voie de fer. La traversée des routes et des chemins publics ou particuliers est opérée à niveau, sans que le rail forme saillie ou dépression sur la surface des chemins.

Le concessionnaire doit d'ailleurs prendre les dispositions nécessaires pour faciliter l'exécution des travaux qui sont prescrits ou autorisés par l'administration afin de créer de nouveaux accès soit aux chemins publics et particuliers, soit aux propriétés riveraines.

Art. 7.

Déviations à construire en dehors du sol des routes et chemins. — Les déviations à construire en dehors du sol des routes et chemins et à classer comme annexes sont établies conformément aux dispositions arrêtées par l'autorité compétente.

Art. 8.

Écoulement des eaux. Rétablissement des communications. — Le concessionnaire est tenu de rétablir et d'assurer à ses frais, pendant la durée de la concession, les écoulements d'eau qui seraient arrêtés, suspendus ou modifiés par ces travaux.

Il rétablit de même les communications publiques ou particulières que l'exécution de ces travaux l'obligent à modifier momentanément.

Art. 9.

Exécution des travaux. — La démolition des chaussées et l'ouverture des tranchées pour la pose et l'entretien de la voie ferrée sont effectuées avec célérité et avec toutes les précautions convenables.

Les chaussées doivent être remises dans le meilleur état.

Les travaux sont conduits de manière à ne pas compromettre la liberté et la sûreté de la circulation. Toute fouille restant ouverte sur le sol des voies publiques, ainsi que tout dépôt de matériaux, est éclairée et gardée au besoin pendant la nuit, jusqu'à ce que la voie publique soit débarrassée et rendue conforme au profil normal du projet.

Art. 10.

Gares et stations. — Le cahier des charges indiquera si le tramway devra s'arrêter en pleine voie pour prendre ou laisser des voyageurs ou des marchandises sur tous les points du parcours, ou si, au contraire, il ne s'arrêtera qu'à des gares, stations ou haltes désignées, ou si enfin les deux modes d'exploitation seront combinés.

Dans ces deux derniers cas, si les gares, stations et haltes n'ont pas été déterminées dans le cahier des charges, elles le seront lors de l'approbation des projets définitifs par l'autorité concédante, sur la proposition du concessionnaire et après enquête.

Si, pendant l'exploitation, de nouvelles stations, gares ou haltes sont reconnues nécessaires d'accord entre l'autorité concédante et le concessionnaire, il sera procédé à une enquête spéciale dans les formes prescrites par le règlement d'adminis-

tration publique du 18 mai 1881, et l'emplacement en sera définitivement arrêté par le préfet, le concessionnaire entendu.

Le nombre, l'étendue et l'emplacement des gares d'évitement seront déterminés par le projet, le concessionnaire entendu; si la sécurité l'exige, le préfet pourra, pendant le cours de l'exploitation, prescrire l'établissement de nouvelles gares d'évitement ainsi que l'augmentation des voies dans les stations et aux abords des stations.

Le concessionnaire est tenu, préalablement à tout commencement d'exécution. de soumettre au préfet le projet des gares, stations et haltes, lequel se compose :

1° D'un plan à l'échelle de 1/500, indiquant les voies, les quais, les bâtiments et leur distribution intérieure, ainsi que la disposition de leurs abords ;

2° D'une élévation des bâtiments à l'échelle d'un centimètre par mètre ;

3° D'un mémoire descriptif dans lequel les dispositions essentielles du projet sont justifiées.

Art. 11.

Indemnité de terrains et de dommages. — Tous les terrains nécessaires pour l'établissement de la voie ferrée et de ses dépendances en dehors du sol des routes et chemins, pour la déviation des voies de communication et des cours d'eau déplacés et, en général, pour l'exécution des travaux, quels qu'ils soient auxquels cet établissement peut donner lieu, sont achetés et payés par le concessionnaire, à moins que l'autorité qui fait la concession n'ait pris l'engagement de fournir elle-même les terrains.

Les indemnités pour occupation temporaire ou pour détériorations de terrains, pour chômage, modification ou destruction d'usines, et pour tout dommage quelconque résultant des travaux, sont supportées et payées par le concessionnaire.

Art. 12.

Droits conférés au concessionnaire. — L'entreprise étant d'utilité publique, le concessionnaire est investi, pour l'exécu-

tion des travaux dépendant de sa concession, de tous les droits que les lois et règlements confèrent à l'administration en matière de travaux publics, soit pour l'acquisition des terrains par voie d'expropriation, soit pour l'extraction, le transport ou le dépôt des terres, matériaux, etc., et il demeure en même temps soumis à toutes les obligations qui dérivent, pour l'administration, de ces lois et règlements.

Art. 13.

Servitudes militaires. — Dans les limites de la zone frontière et dans le rayon des servitudes des enceintes fortifiées, le concessionnaire est tenu, pour l'étude et l'exécution de ses projets. de se soumettre à l'accomplissement de toutes les formalités et de toutes les conditions exigées par les lois, décrets et règlements concernant les travaux mixtes.

Art. 14.

Mines. — Si la voie ferrée traverse un sol déjà concédé pour l'exploitation d'une mine le ministre des Travaux publics détermine les mesures à prendre pour que l'établissement de cette voie ne nuise pas à l'exploitation de la mine et réciproquement pour que, le cas échéant, l'exploitation de la mine ne compromette pas l'existence de la voie ferrée.

Les travaux de consolidation à faire dans l'intérieur de la mine en raison de la traversée de la voie ferrée, et tous les dommages résultant de cette traversée pour les concessionnaires de la mine, sont à la charge du concessionnaire de la voie ferrée.

Art. 15.

Carrières. — Si la voie ferrée s'étend sur des terrains renfermant des carrières où les traverse souterrainement, elle ne peut être livrée à la circulation avant que les excavations qui pourraient en compromettre la solidité aient été remblayées ou consolidées.

Le ministre des Travaux publics détermine la nature et l'étendue des travaux qu'il convient d'entreprendre à cet effet, et qui sont d'ailleurs exécutés par les soins et aux frais du concessionnaire.

Art. 16.

Contrôle et surveillance des travaux.— Les travaux sont soumis au contrôle et à la surveillance du préfet, sous l'autorité du ministre des Travaux publics.

Ce contrôle et cette surveillance ont pour objet d'empêcher le concessionnaire de s'écarter des dispositions prescrites par le présent règlement et de celles qui résultent soit des cahiers des charges, soit des projets approuvés.

Art. 17.

A mesure que les travaux sont terminés sur des parties de voie ferrée susceptibles d'être livrées utilement à la circulation il est procédé à la reconnaissance, et, s'il y a lieu, à la réception provisoire de ces travaux par un ou plusieurs commissaires que le préfet désigne.

Sur le vu du procès-verbal de cette reconnaissance, le préfet autorise, s'il y a lieu, la mise en exploitation des parties dont il s'agit ; après cette autorisation, le concessionnaire peut mettre lesdites parties en service et y percevoir les taxes déterminées par le cahier des charges. Toutefois ces réceptions partielles ne deviennent définitives que par la réception générale de la voie ferrée, laquelle est faite dans la même forme que les réceptions partielles.

Art. 18.

Bornage et plan cadastral des parties en déviation. — Immédiatement après l'achèvement des travaux et au plus tard six mois après la mise en exploitation de la ligne ou de chaque section, le concessionnaire doit faire faire à ses frais un bornage contradictoire avec chaque propriétaire riverain, en présence du préfet ou de son représentant, ainsi qu'un plan cadastral des parties de la voie ferrée et de ses dépendances qui sont situées en dehors du sol des routes et chemins. Il fait dresser également à ses frais, et contradictoirement avec les agents désignés par le préfet, un état descriptif de tous les ouvrages d'art qui ont été exécutés, ledit état accompagné d'un atlas contenant les dessins de tous les ouvrages.

Une expédition dûment certifiée des procès-verbaux de bornage, du plan cadastral, de l'état descriptif et de l'atlas est dressée aux frais du concessionnaire et déposée dans les archives de la préfecture.

Les terrains acquis par le concessionnaire postérieurement au bornage général, en vue de satisfaire aux besoins de l'exploitation, et qui, par cela même, deviennent partie intégrante de la voie ferrée, donnent lieu, au fur et à mesure de leur acquisition, à des bornages supplémentaires, et sont ajoutés sur le plan cadastral ; addition est également faite, sur l'atlas, de tous les ouvrages d'art exécutés postérieurement à sa rédaction.

TITRE II

ENTRETIEN ET EXPLOITATION

Art. 19.

Entretien. — La voie ferrée et tout le matériel qui en dépend doivent être constamment entretenus en bon état, de manière que la circulation y soit toujours facile et sûre.

Les frais d'entretien et ceux auxquels donnent lieu les réparations ordinaires et extraordinaires de la voie ferrée sont à la charge du concessionnaire.

Sur les sections à rails noyés où la voie ferrée est accessible aux voitures ordinaires, l'entretien du pavage ou de l'empierrement de la surface affectée à la circulation du tramway est réglé, pour chaque concession, par le cahier des charges, qui indique le service chargé d'exécuter cet entretien, ainsi que la répartition des dépenses.

Sur les sections où la voie ferrée n'est pas accessible aux voitures ordinaires, l'entretien, qui est à la charge du concessionnaire, comprend la surface entière des voies, augmentée d'une zone d'un mètre (1 m. 00), qui sera mesurée à partir de chaque rail extérieur.

Si la voie ferrée et les parties de la voie publique dont l'entretien est confié au concessionnaire ne sont pas constamment entretenus en bon état, il y est pourvu d'office à la diligence

du préfet et aux frais du concessionnaire, sans préjudice, s'il y a lieu, de l'application des dispositions indiquées ci-après dans l'article 41.

Le montant des avances faites est recouvré au moyen de rôles que le préfet rend exécutoires.

Art. 20.

Du matériel employé à l'exploitation. — Le matériel roulant qui est mis en circulation sur la voie ferrée doit passer librement dans le garabit, dont les dimensions sont fixées conformément aux dispositions de l'article 4 du présent règlement.

La traction est opérée conformément aux clauses de la concession.

Art. 21.

Machines locomotives à vapeur. — Les machines locomotives à vapeur sont construites sur les meilleurs modèles, elles doivent satisfaire aux prescriptions des articles 7, 8, 9, 11 et 15 de l'ordonnance du 15 novembre 1846, et pour ce qui concerne spécialement leur générateur, aux dispositions du décret du 30 avril 1880.

Les types des machines employées, leur poids et le maximum de charge par essieu doivent être approuvés par le préfet, sur l'avis du service du contrôle, eu égard aux besoins de l'exploitation et à la composition ainsi qu'à l'état de la voie.

Les machines sont pourvues de freins assez puissants pour que, lancées sur pente de deux centimètres par mètre (0 m. 02) avec une vitesse de vingt kilomètres (20 k.) à l'heure, elles puissent être arrêtées, sans le secours des freins des voitures remorquées, sur un espace de vingt mètres (20 m.) au plus.

Les locomotives à feu ne doivent donner aucune odeur et ne doivent répandre sur la voie publique ni flammèches, ni escarbilles, ni cendres, ni fumée, ni eau excédente, le concessionnaire étant expressément responsable de tout incendie causé par l'emploi des machines à feu, soit sur la voie publique, soit dans les propriétés riveraines.

Aucune locomotive ne peut être mise en service qu'en vertu d'un permis spécial de circulation délivré par le préfet sur la

proposition des fonctionnaires chargés du contrôle, après accomplissement des formalités prescrites pour les locomotives des chemins de fer et après vérification de l'efficacité des freins, eu égard à la vitesse de la machine et à l'inclinaison de la voie.

Art. 22.

Autres moteurs mécaniques. — Les machines fixes et les machines locomotives de tout autre système que la machine locomotive à vapeur munie d'un foyer doivent satisfaire aux prescriptions spéciales arrêtées par le ministre des Travaux publics.

Art. 23.

Voitures et wagons. — Les voitures de voyageurs doivent satisfaire aux prescriptions des articles 8, 9, 12, 13, 14 et 15, de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846. Elles sont suspendues sur ressorts et peuvent être à deux étages.

L'étage inférieur est complètement couvert, garni de banquettes avec dossiers, fermé à glaces au moins pendant l'hiver, muni de rideaux et éclairé pendant la nuit; l'étage supérieur est garni de banquettes avec dossiers; on y accède au moyen d'escaliers qui sont accompagnés, ainsi que les couloirs latéraux donnant accès aux places, de garde-corps solides d'au moins un mètre dix centimètre (1 m. 10) de hauteur effective.

Sur les voies ferrées où la traction est opérée au moyen de locomotives, l'étage supérieur est couvert et protégé à l'avant et à l'arrière par des cloisons.

Les dossiers et les banquettes doivent être inclinées et les dossiers sont élevés à hauteur des épaules des voyageurs.

Il peut y avoir des places de plusieurs classes; la disposition particulière des places de chaque classe est conforme aux prescriptions arrêtées par le préfet.

Les wagons destinés au transport des marchandises, des chevaux ou bestiaux; les plates-formes, et en général toutes les parties du matériel roulant, sont de bonnes et solides constructions qui satisfont aux prescriptions des articles 8, 9 et 15 de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846.

Chaque voiture sans exception est munie d'un frein puissant.

Art. 24.

Entretien du matériel roulant. — Le matériel roulant et tout le matériel servant à l'exploitation sont constamment maintenus dans un bon état d'entretien et de propreté.

Si le matériel dont il s'agit n'est pas entretenu en bon état, il y est pourvu d'office à la diligence du préfet et aux frais du concessionnaire, sans préjudice, s'il y a lieu, des dispositions indiquées ci-après dans l'article 41.

Art. 25.

Règles d'exploitation applicables à tous les services de tramways. Gardiennage et signaux. — Le concessionnaire est tenu de prendre à ses frais, partout où la nécessité en aura été reconnue par le préfet, sur l'avis du service du contrôle, et eu égard au mode d'exploitation employé, les mesures nécessaires pour assurer la liberté et la sécurité du passage des voitures et des trains sur la voie ferrée, et celle de la circulation ordinaire sur les routes et chemins que suit ou traverse la voie ferrée.

Art. 26.

Ateliers de réparation de la voie. — Lorsqu'un atelier de réparation est établi sur une voie, des signaux doivent indiquer si l'état de la voie ne permet pas le passage des voitures ou des trains, ou s'il suffit d'en ralentir la marche.

Art. 27.

Eclairage des voitures ou des trains. — Toute voiture isolée ou tout train porte extérieurement un feu rouge à l'avant et un feu vert à l'arrière. Les fanaux sont à réflecteurs ; ils sont allumés au coucher du soleil et ne peuvent être éteints avant son lever.

Art. 28.

Transport de matières dangereuses. — Il est interdit d'admettre dans les convois qui portent des voyageurs aucune matière pouvant donner lieu soit à des explosions, soit à des incendies.

Art. 29.

Service des tramways à traction de chevaux. — Le cocher doit avoir l'appareil de manœuvre du frein sous la main, il doit porter son attention sur l'état de la voie, sur l'approche des voitures ordinaires ou des troupeaux, et ralentir ou même arrêter la marche en cas d'obstacles ; suivant les circonstances, il doit se conformer aux signaux de ralentissement ou d'arrêt qui lui sont faits par les gardiens et ouvriers de la voie.

Le cocher est muni d'une trompe ou d'un cornet, ou de tout autre instrument du même genre, afin de signaler son approche.

Dans les tramways à service de voyageurs, le cocher doit se trouver en communication, au moyen d'un signal d'arrêt, soit avec le receveur, soit avec les voyageurs dans les voitures où il n'y a pas de receveur.

Art. 30.

Service des tramways à traction mécanique. Composition des trains. — Sur les lignes de tramways à traction mécanique, la longueur des trains ne peut dépasser soixante mètres (60 m.). Sous la réserve de cette condition, qui est de rigueur, tout convoi ordinaire de voyageurs doit contenir des voitures ou des compartiments de toutes classes en nombre suffisant pour le service public.

Les machines et voitures entrant dans la composition de tous les trains sont liées entre elles par des attaches rigides avec ressorts.

Art. 31.

Composition des trains. Machines. — Les machines sont placées en tête des trains. Il ne peut être dérogé à cette disposition que pour les manœuvres à exécuter dans les stations ou pour le cas de secours ; dans ces cas spéciaux, la vitesse ne doit pas dépasser cinq kilomètres (5 k.) à l'heure.

Les trains sont remorqués par une seule machine, sauf à la montée des rampes de forte inclinaison en cas d'accident.

Il est, dans tous les cas, interdit d'atteler simultanément plus

de deux machines à un train; la machine placée en tête règle la marche du train, dont la vitesse ne doit jamais dépasser dix kilomètres à l'heure (10 k.) dans le cas d'un double attelage.

Art. 32.

Personnel des trains. — Chaque machine à feu est conduite par un mécanicien et un chauffeur.

Il ne peut être employé que des mécaniciens agréés par le préfet, sur le rapport du service du contrôle.

Le chauffeur doit être capable d'arrêter la machine en cas de besoin.

Chaque train est accompagné, en outre, du nombre de conducteurs gardes-freins qui sera jugé nécessaire; il y a d'ailleurs, en tout cas, sur la dernière voiture, un conducteur qui est mis en communication avec le mécanicien.

Lorsqu'il y a plusieurs conducteurs dans un train, l'un d'eux doit avoir autorité sur les autres.

Avant le départ du train, le mécanicien s'assure si toutes les parties de la locomotive sont en bon état et, particulièrement, si le frein fonctionne convenablement. Il ne doit mettre le train en marche que lorsque le conducteur chef du train a donné le signal du départ.

En marche, le mécanicien doit porter son attention sur l'état de la voie, sur l'approche des voitures ordinaires ou des troupeaux, et ralentir ou même arrêter en cas d'obstacles, suivant les circonstances; il doit se conformer aux signaux qui lui sont faits par les gardiens et ouvriers de la voie.

Cet agent signale l'approche du train au moyen d'une trompe, d'une cloche, ou tout autre instrument du même genre, à l'exclusion du sifflet à vapeur.

Dans les tramways à service de voyageurs, le mécanicien doit se trouver en communication, au moyen d'un signal d'arrêt, soit avec le receveur ou employé, soit avec les voyageurs.

Aucune personne autre que le mécanicien et le chauffeur ne peut monter sur la locomotive, à moins d'une permission spéciale et écrite du directeur de l'exploitation de la voie ferrée. Sont exceptés de cette interdiction les fonctionnaires chargés de la surveillance.

Art. 33.

Service des tramways à traction mécanique. Composition des trains. — Le préfet détermine, sur la proposition du concessionnaire, le minimum et le maximum de la vitesse des convois de voyageurs et de marchandises sur les différentes sections de la ligne, ainsi que le tableau du service des trains.

Marche des trains. — La vitesse des trains, en marche, ne peut dépasser vingt kilomètres à l'heure (20 k.).

Cette vitesse doit d'ailleurs être diminuée dans la traversée des lieux habités, ou en cas d'encombrement de la route.

Le mouvement doit également être ralenti ou même arrêté toutes les fois que l'arrivée d'un train, effrayant les chevaux ou autres animaux, pourrait être la cause de désordres et occasionner des accidents.

Les trains ne peuvent stationner en dehors des gares que durant le temps strictement nécessaire pour les besoins du service.

Les locomotives ou les voitures isolées ne peuvent stationner sur les voies affectées à la circulation.

Il est expressément interdit d'effectuer le nettoyage des grilles sur la voie publique.

Art. 34.

Service des tramways à traction mécanique. — Des machines dites de secours ou de réserve doivent être entretenues constamment en feu et prêtes à partir, sur les lignes et aux points qui sont désignés par le préfet.

Composition des trains. Accidents. — Il y a constamment, au lieu de dépôt des machines, une voiture chargée de tous les agrès et outils nécessaires en cas d'accidents. Chaque train doit d'ailleurs être muni des outils les plus indispensables.

Aux stations ou bureaux de contrôle et d'attente désignés par le préfet, le concessionnaire entretiendra les médicaments et moyens de secours nécessaires en cas d'accident.

TITRE III

POLICE ET SURVEILLANCE

Art. 35.

Des mesures concernant les personnes étrangères au service des voies ferrées. — Il est défendu à toute personne étrangère au service de la voie ferrée :

1° De déranger, altérer ou modifier, sous quelque prétexte que ce soit, la voie ferrée et les ouvrages qui en dépendent ;

2° De stationner sur la voie de fer ou d'y faire stationner des voitures ;

3° D'y laisser séjourner des chevaux, bestiaux ou animaux d'aucune sorte ;

4° D'y jeter ou déposer aucuns matériaux ni objets quelconques ;

5° D'emprunter les rails de la voie ferrée pour la circulation de voitures étrangères au service.

Tout conducteur de voitures doit, à l'approche d'un train ou d'une voiture appartenant au service de la voie ferrée, prendre en main les guides ou le cordeau de son équipage, de façon à se rendre maître de ses chevaux, dégager immédiatement la voie, et s'en écarter de manière à livrer toute la largeur nécessaire au passage du matériel de la voie ferrée.

Tout conducteur de troupeau doit écarter les bestiaux de la voie ferrée à l'approche d'un train ou d'une voiture appartenant au service de cette voie.

Art. 36.

Des mesures concernant les voyageurs. — Il est défendu aux voyageurs : 1° D'entrer dans les voitures ou d'en sortir pendant la marche et autrement que par la portière réservée à cet effet ;

2° De passer d'une voiture dans une autre, de se pencher en dehors, de stationner debout sur les impériales pendant la marche.

Il est interdit d'admettre dans les voitures plus de voyageurs que ne le comporte le nombre des places indiqué dans chaque compartiment.

L'entrée des voitures est interdite :

1° A toute personne en état d'ivresse ;

2° A tous individus porteurs d'armes à feu chargées ou de paquets qui,par leur volume ou leur odeur,pourraient gêner ou incommoder les voyageurs.

Tout individu porteur d'une arme à feu doit, avant son admission dans les voitures, faire constater que son arme n'est point chargée.

Aucun chien n'est admis dans les voitures servant au transport des voyageurs ; toutefois la compagnie peut placer dans des compartiments spéciaux les voyageurs qui ne voudraient pas se séparer de leur chien, pourvu que ces animaux soient muselés, en quelque saison que ce soit.

Art. 37.

Expédition de matières dangereuses. — Les personnes qui veulent expédier des marchandises considérées comme pouvant être une cause d'explosion ou d'incendie, après la classification du décret du 12 août 1874, doivent en faire la déclaration formelle au moment où elles les livrent au service de la voie ferrée.

Les expéditeurs doivent se conformer, en ce qui concerne l'emballage et les marques des colis dangereux, aux prescriptions du décret précité.

Art. 38.

Affichage du service des voies ferrées. — Des affiches placées dans les stations et dans les bureaux d'attente et de contrôle font connaître au public les heures de départ des convois ordinaires, les stations qu'ils doivent desservir, les heures auxquelles ils doivent arriver à ces stations et en partir.

Si l'exploitation de la ligne comporte des arrêts en pleine voie, afin de prendre ou de laisser soit des voyageurs, soit des marchandises, ces affiches font connaître cette circonstance en

n'annonçant, dans ce cas, que les heures de départ des gares extrêmes.

Art. 39.

Contrôle et surveillance de l'exploitation. — Le préfet nomme les agents chargés du contrôle et de la surveillance prévus par l'article 21 de la loi du 11 juin 1880.

Ces agents ont notamment pour mission :

1° En ce qui concerne l'exploitation commerciale :

De surveiller le mode d'application des tarifs approuvés et l'exécution des mesures prescrites pour la réception et l'enregistrement des colis, leur transport et leur remise aux destinataires ;

De veiller à l'exécution des mesures prescrites pour que le service des transports ne soit pas interrompu aux points extrêmes de lignes en communication l'une avec l'autre ;

De vérifier les conditions des traités qui seraient passés par les concessionnaires avec les entreprises de transport par terre ou par eau en correspondance avec la voie ferrée, et de signaler toutes les infractions au principe de l'égalité des taxes ;

De constater le mouvement de la circulation des voyageurs et des marchandises, les dépenses d'entretien et d'exploitation, et les recettes ;

2° En ce qui concerne l'exploitation technique ;

De vérifier l'état de la voie de fer, des terrassements, des ouvrages d'art et du matériel roulant, et de veiller à l'exécution des règlements relatifs à la police et à la sûreté de la circulation ;

3° En ce qui concerne la police :

De surveiller la composition, le départ, l'arrivée, la marche et le stationnement des trains, l'observation des règlements de police, tant par le public que par le concessionnaire, sur les voies publiques empruntées par la voie ferrée, entre le stationnement et la circulation des voitures dans les cours et stations, l'admission du public dans les gares et sur les quais de la voie ferrée.

Les concessionnaires sont tenus de fournir les locaux convenables aux agents du contrôle spécialement désignés par le

préfet. Ils sont aussi tenus de présenter aux agents du contrôle, à toute réquisition, les registres de dépenses et de recettes relatifs à l'exploitation commerciale, ainsi que les registres de réception et d'expédition des colis.

Toutes les fois qu'il arrive un accident sur la voie ferrée, il en est fait immédiatement déclaration, par le chef de train, à l'agent du contrôle dont le poste est le plus voisin. Le préfet et le chef du contrôle en sont immédiatement informés par les soins du concessionnaire.

Outre la surveillance ordinaire, le préfet délègue, aussi souvent qu'il le juge utile, un ou plusieurs commissaires à l'effet de reconnaître et de constater l'état de la voie ferrée, de ses dépendances et de son matériel, et à l'effet d'exercer une surveillance spéciale sur tout ce qui ne rentre pas dans les attributions des agents du contrôle.

Art. 40.

Règlement de police et d'exploitation. — Le concessionnaire est tenu, ainsi que le public, de se conformer aux prescriptions des arrêtés qui sont pris par les préfets pour l'exécution des dispositions qui précèdent.

Toutes les dépenses qu'entraîne l'exécution de ces prescriptions sont à la charge du concessionnaire.

Le concessionnaire est tenu de soumettre à l'approbation du préfet les règlements de service intérieur relatifs à l'exploitation de la voie ferrée.

Les règlements dont il s'agit sont obligatoires non seulement pour le concessionnaire, mais encore pour tous ceux qui obtiendront ultérieurement l'autorisation d'établir des lignes ferrées d'embranchement ou de prolongement, et en général pour toutes les personnes qui emprunteront l'usage du chemin de fer.

Art. 41.

Interruption de l'exploitation. — Si l'exploitation de la voie ferrée vient à être interrompue en totalité ou en partie, si le mauvais état de la voie ou du matériel roulant compromet la sécurité du public, si le mauvais entretien de la partie de la

route dont le concessionnaire doit prendre soin compromet la sécurité publique, le préfet prend immédiatement, aux frais et risques du concessionnaire, les mesures nécessaires afin d'assurer provisoirement le service.

Si, dans les trois mois de l'organisation d'un service provisoire, le concessionnaire n'a pas valablement justifié qu'il est en état de reprendre et de continuer l'exploitation, et s'il ne l'a pas effectivement reprise, la déchéance peut être prononcée par le ministre des Travaux publics, sauf recours au Conseil d'État par la voie contentieuse.

Il est pourvu tant à la continuation et à l'achèvement des travaux qu'à l'exécution des autres engagements contractés par le concessionnaire au moyen d'une adjudication qui sera ouverte sur une mise à prix des ouvrages exécutés, des matériaux approvisionnés et des parties de la voie ferrée déjà livrées à l'exploitation.

Nul ne sera admis à concourir à cette adjudication s'il n'a été préalablement agréé par le préfet.

A cet effet, les personnes qui voudraient concourir seront tenues de déclarer, dans le délai qui sera fixé, leur intention par un écrit déposé à la préfecture et accompagné des pièces propres à justifier des ressources nécessaires pour remplir les engagements à contracter.

Ces pièces seront examinées par le préfet en conseil de préfecture. Chaque soumissionnaire sera informé de la décision prise en ce qui le concerne, et, s'il y a lieu, du jour de l'adjudication.

Les personnes qui auront été admises à concourir devront faire, soit à la Caisse des dépôts et consignations, soit à la caisse du trésorier-payeur général du département, le dépôt de garantie qui devra être égal, au moins, au trentième de la dépense à faire par le concessionnaire.

L'adjudication aura lieu suivant les formes indiquées aux articles 11, 12, 13, 15 et 16 de l'ordonnance royale du 10 mai 1829.

Les soumissions ne pourront pas être inférieures à la mise à prix.

L'adjudicataire sera substitué aux charges et aux droits du concessionnaire évincé ; il recevra notamment les subventions de toute nature à échoir aux termes de l'acte de concession, le concessionnaire évincé recevra de lui le prix que la nouvelle adjudication aura fixé.

La partie du cautionnement qui n'aura pas encore été restituée deviendra la propriété de l'autorité qui a fait la concession.

Si l'adjudication ouverte n'amène aucun résultat, une seconde adjudication sera tentée sur les mêmes bases après un délai de trois mois ; si cette seconde tentative reste également sans résultat, le concessionnaire sera définitivement déchu de tous ses droits, et alors les ouvrages exécutés, les matériaux approvisionnés et les parties de voie ferrée déjà livrées à l'exploitation appartiendront à l'autorité qui a fait la concession.

TITRE IV

DISPOSITIONS DIVERSES

Art. 42.

Construction de nouvelles voies de communication. — Dans le cas où le gouvernement ordonne ou autorise la construction de routes vicinales, de chemins de fer ou de canaux qui traversent une ligne concédée, le concessionnaire ne peut s'opposer à ces travaux ; mais toutes les dispositions nécessaires sont prises pour qu'il n'en résulte aucun obstacle à la construction ou au service de la voie ferrée, ni aucun frais pour le concessionnaire.

Art. 43.

Concessions ultérieures de nouvelles lignes. — Toute exécution ou autorisation ultérieure de route, de canal, de chemin de fer, de travaux de navigation dans la contrée où est située une voie ferrée qui a fait l'objet d'une concession, ou dans toute autre contrée voisine ou éloignée, ne peut donner ouver-

ture à aucune demande d'indemnité de la part du concessionnaire.

Art. 44.

Autorisation. — L'autorisation d'établir ou de maintenir une voie verrée sur le sol des voies publiques peut être retirée à toute époque, en totalité ou en partie, dans les formes suivies pour la concession, lorsque la nécessité en a été reconnue dans l'intérêt public par le gouvernement, après une enquête, le tout sous réserve de l'application des articles 6 et 11 de la loi du 11 juin 1880.

Art. 45.

Réserves sous lesquelles le concessionnaire est admis à emprunter le sol des voies publiques. — Le concessionnaire n'est admis à réclamer aucune indemnité :

Ni à raison des dommages que le roulage ordinaire pourrait occasionner aux ouvrages de la voie ferrée ;

Ni à raison de l'état de la chaussée et des conséquences qui pourraient en résulter pour l'état et l'entretien de la voie ;

Ni enfin pour une cause quelconque résultant de l'usage de la voie publique.

Les indemnités dues à des tiers pour des dommages pouvant résulter de la construction ou de l'exploiattion de la voie ferrée sont entièrement à la charge du concessionnaire.

Art. 46.

En cas d'interruption de la voie ferrée par suite de travaux exécutés sur la voie publique, le concessionnaire peut être tenu de rétablir provisoirement les communications soit en déplaçant momentanément ses voies, soit en employant, pour la traversée de l'obstacle, des voitures ordinaires qui puissent le tourner en suivant d'autres lignes.

Art. 47.

Le gouvernement, le département et les communes ont le droit de concéder de nouvelles voies de fer s'embranchant sur une voie ferrée déjà concédée, ou à établir en prolongement de la même voie.

Le concessionnaire de la ligne principale ne peut s'opposer à l'exécution de ces embranchements, ou réclamer, à l'occasion de leur établissement, une indemnité quelconque, pourvu qu'il n'en résulte aucun obstacle à la circulation ni aucuns frais particuliers pour son entreprise.

Les concessionnaires des voies de fer d'embranchement ou de prolongement ont la faculté moyennant l'observation du paragraphe 1er de l'article 20 du présent règlement, et des règlements de police et de service qui régissent la ligne principale, et moyennant les tarifs du cahier des charges de cette dernière ligne, de faire circuler leurs voitures, wagons et machines sur la ligne principale. Cette faculté est réciproque à l'égard des dits embranchements et prolongements.

Dans les cas où les divers concessionnaires ne peuvent s'entendre sur l'exercice de cette faculté, le ministre des Travaux publics statue sur les difficultés qui s'élèvent entre eux à cet égard.

Le concessionnaire d'une voie ferrée ne peut toutefois être tenu d'admettre sur ses rails un matériel dont le poids serait hors de proportion avec les éléments constitutifs de ses voies.

Dans les cas où un concessionnaire d'embranchement ou de prolongement joignant la ligne principale n'use pas de la faculté de circuler sur cette ligne, comme aussi dans le cas où le concessionnaire de cette dernière ligne ne veut pas circuler sur les prolongements et embranchements, ces concessionnaires sont tenus de s'arranger entre eux de manière que le service de transport ne soit jamais interrompu aux points de jonction des diverses lignes.

Celui des concessionnaires qui se sert d'un matériel qui n'est pas sa propriété paye une indemnité en rapport avec l'usage et la détérioration de ce matériel. Dans le cas où les concessionnaires ne se mettent pas d'accord sur la quotité de l'indemnité ou sur les moyens d'assurer la continuation du service sur toutes les lignes, l'Administration y pourvoie d'office et prescrit toutes les mesures nécessaires.

Gares communes. — Le concessionnaire est tenu, si l'autorité compétente le juge convenable, de partager l'usage des stations

établies à l'origine des voies de fer d'embranchement avec les compagnies qui deviendraient concessionnaires desdits embranchements.

Il est fait un partage équitable des frais résultant de l'usage commun desdites gares, et les sommes à payer par les compagnies nouvelles sont, en cas de dissentiment, réglées par voie d'arbitrage.

En cas de désaccord sur le principe, ou l'exercice de l'usage commun des gares, il est statué, par le ministre des Travaux publics, les concessionnaires entendus.

Art. 49.

Contribution foncière. — La contribution foncière pour les dépenses situées en dehors de l'assiette des routes, chemins et autres voies publiques est établie en raison de la surface occupée par ces dépendances ; la cote en est calculée comme pour les canaux, conformément à la loi du 25 avril 1803.

Les bâtiments et magasins dépendant de l'exploitation de la voie ferrée sont assimilés aux propriétés bâties de la localité. Toutes les contributions auxquelles ces édifices peuvent être soumis sont, aussi bien que la contribution foncière, à la charge du concessionnaire.

Art. 50.

Les agents et gardes que le concessionnaire établit, soit pour la surveillance et la police de la voie de fer et de ses dépendances, peuvent être assermentés, et sont, dans ce cas, assimilés aux gardes champêtres. Ces agents sont revêtus d'un uniforme ou sont porteurs d'un signe distinctif.

Art. 51.

Comptes rendus statistiques annuels et trimestriels. — Tout concessionnaire doit adresser chaque année au préfet des états de statistiques conformes aux modèles qui seront arrêtés par le ministre des Travaux publics et qui comprennent les renseignements relatifs à l'année entière (du 1er janvier au 31 décembre).

Cet envoi est fait le 15 avril de chaque année au plus tard.

Les renseignements fournis par le concessionnaire peuvent être publiés.

Indépendamment de ces états annuels, le compte rendu des résultats de l'exploitation, comprenant les dépenses d'établissement et d'exploitation et les recettes brutes, est remis au préfet dans le mois qui suit l'expiration de chaque trimestre. Ce compte rendu est dressé en trois expéditions, destinées au préfet, au représentant de l'autorité qui a donné la concession, et au ministre des Travaux publics ; il est publié, au moins par extraits, dans le *Journal officiel*, conformément aux prescriptions de l'article 19 de la loi du 11 juin 1880.

Art. 52.

Frais de contrôle. — Les frais de visite, de surveillance et de réception des travaux et les frais de contrôle de l'exploitation sont supportés par le concessionnaire.

Afin de pourvoir à ces frais, le concessionnaire est tenu de verser chaque année, à la caisse centrale du trésorier-payeur général du département, la somme qui est fixée dans le cahier des charges de la concession par chaque kilomètre de voie ferrée concédé.

Si le concessionnaire ne verse pas la somme ci-dessus réglée aux époques fixées, le préfet rend un rôle exécutoire, et le montant en est recouvré comme en matière de contributions publiques.

Art. 53.

Registre des réclamations. — Il est tenu dans chaque station et dans chaque bureau d'attente un registre coté et paraphé par le maire de la commune, lequel est destiné à recevoir les réclamations des personnes (voyageurs ou autres) qui auraient des plaintes à former, soit contre le concessionnaire, soit contre ses agents.

Ce registre est présenté à toute réquisition du public ; il est visé par les agents de service du contrôle et de surveillance administrative.

Art. 54.

Propositions du concessionnaire. — Dans tous les cas où, con-

formément aux dispositions du présent règlement le préfet doit statuer sur la proposition d'un concessionnaire, celui-ci est tenu de lui soumettre cette proposition dans le délai qui a été déterminé, faute de quoi le préfet peut statuer directement.

Si le préfet pense qu'il y a lieu de modifier la proposition du concessionnaire, il doit, sauf le cas d'urgence, entendre celui-ci avant de prescrire les modifications dont il s'agit.

Art. 56.

Affichage et publication du présent règlement. — Des exemplaires du présent règlement, ainsi que des articles de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846, du décret du 30 avril 1880 et du décret du 12 août 1874, auxquels il se réfère, sont constamment affichés, à la diligence du concessionnaire, aux abords des bureaux des voies ferrées qui empruntent le sol des voies publiques ainsi que dans les salles d'attente.

Le conducteur ou receveur de toute voiture, le conducteur principal de tous les trains en marche sont munis d'un exemplaire du règlement. Des extraits sont délivrés, chacun pour ce qui le concerne, aux cochers, receveurs, mécaniciens, chauffeurs, gardes-freins et autres agents employés sur la voie ferrée.

Des extraits en ce qui concerne les règles à observer par les voyageurs pendant le trajet, sont placés dans chaque caisse de voiture.

Art. 56.

Constatation et poursuite des contraventions. — Sont constatées, poursuivies et réprimées conformément aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845, qui ont été rendues applicables aux tramways par l'article 36 de la loi du 11 juin 1880, les contraventions au présent réglement, aux décisions ministérielles et aux arrêtés pris par les préfets pour l'exécution de ce règlement.

Art. 57.

Les dispositions du présent règlement sont applicables aux chemins de fer d'intérêt local sur les sections où ces chemins de fer empruntent le sol des voies publiques, sans préjudice de l'application de l'ordonnance du 15 novembre 1846.

Art. 58.

Exécution du présent règlement. — Le ministre des Travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois* et au *Journal officiel.*

Par le Président de la République :

Le ministre des Travaux publics
SADI CARNOT.

JULES GRÉVY.

CAHIER DES CHARGES TYPE

POUR LA CONCESSION DES TRAMWAYS

Décret.

Le Président de la République française, sur le rapport du ministre des Travaux publics ;

Vu l'article 30 de la loi du 11 juin 1880, aux termes duque un cahier des charges type, pour la concession des tramways, doit être approuvé par le Conseil d'Etat ;

Vu l'inscription à laquelle a donné lieu la préparation de ce cahier des charges type, notamment les avis du Conseil général des ponts et chaussées, en date des 20 janvier et 7 juillet 1881 ;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décrète :

Article premier.

Et approuvé le cahier des charges type ci-annexé, dressé en exécution de l'article 40 de la loi du 11 juin 1880 pour la concession des tramways.

Art. 2.

Le ministre des Travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 6 août 1881.

Par le Président de la République :
JULES GRÉVY.

Le ministre des Travaux publics,
SADI CARNOT.

CAHIER DES CHARGES TYPE [1]

TITRE PREMIER

TRACÉ ET CONSTRUCTION

Article premier.

Objet de la concession. — Le réseau (2) de tramways qui fait l'objet du présent cahier des charges est destiné au transport *des voyageurs et des marchandises* (3).

La traction aura lieu par *chevaux* (4).

(1) La présente formule type de cahier des charges est rédigée dans l'hypothèse d'une concession conférée par l'*Etat* à un *département*. Ces mots seront modifiés partout où ils sont imprimés en *lettres italiques* suivant que l'on se trouve dans l'un ou l'autre des cas prévus par les articles 27 et 28 de la loi du 11 juin 1880.

On a aussi imprimé en italiques les autres mots et chiffres qui peuvent être modifiés suivant les circonstances.

(2) Ou la ligne.

(3) Ou au service exclusif des voyageurs.

(4) Ou par locomotives à vapeur, ou par moteur mécanique de tout autre système.

Art. 2.

Tracé. — *Ce réseau comprendra les lignes suivantes* (1) et empruntera les voies publiques ci-après désignées (2) :

Art. 3.

Délais d'exécution. — Les projets d'exécution seront présentés dans un délai de......... à partir de la date du décret déclaratif d'utilité publique.

Le travaux devront être commencés dans un délai de....... à partir de la même date. Ils seront poursuivis et terminés de telle façon que *la section de*.......à....... soit livrée à l'exploitation le....... *la section de*........à.......le........ et *le réseau* entier le......

Art. 4.

Largeur de la voie. Gabarit du matériel roulant. — La largeur de la voie entre les bords intérieurs des rails devra être de (3)...... La largeur des locomotives et des caisses des véhicules ainsi que leur chargement ne dépassera pas (4)....... et la largeur du matériel roulant, y compris toutes saillies, notamment celle des marchepieds latéraux, restera inférieure à (5) ......; la hauteur du matériel roulant au-dessus des rails sera au plus de (6)......

Dans les parties à deux voies, la largeur de l'autre voie, mesurée entre les bords extérieurs des rails, sera de (7)......

(1) Ou la ligne partira de

(2) Indiquer les déviations, s'il y a lieu.

(3) De 1 m. 44 pour les tramways à voie large, de 1 m. 00 ou de 0 m. 75 pour les tramways à voie étroite.

(4) Largeur à déterminer dans chaque cas particulier :

	Voie.		
	de 1 m. 44.	de 1 m. 00	de 0 m. 75
Maximum admissible........	2 m. 80	2 m. 50	1 m. 875
(5) Maximum admissible.....	3 m. 10	2 m. 80	2 m. 175

(6) 4 m. 20 au plus pour la voie de 1 m. 44; hauteur à déterminer dans chaque cas particulier pour les autres voies.

(7) La largeur de l'entre-voie sera réglée de telle façon qu'entre les parties les plus saillantes de deux véhicules qui se croisent, il y ait un intervalle libre d'au moins cinquante centimètres (0 m. 50).

Art. 5.

Alignements et courbes. Pentes et rampes. — Les alignements seront raccordés entre eux par des courbes dont le rayon ne pourra être inférieur à (1)....... Le maximum des déclivités est fixé à (2).

Les déclivités correspondant aux courbes de faible rayon devront être réduites autant que faire se pourra.

Le concessionnaire aura la faculté, dans des cas exceptionnels, de proposer aux dispositions du présent article les modifications qui lui paraîtraient utiles; mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation préalable du préfet.

Art. 6.

Etablissement de la voie ferrée. Parties accessibles aux voitures ordinaires. — Dans les sections où le tramway sera établi dans la chaussée, avec rails noyés, les voies de fer seront posées au niveau du sol, sans saillies ni dépression, suivant le profil normal de la voie publique et sans aucune altération de ce profil, soit dans le sens transversal, soit dans le sens longitudinal, à moins d'une autorisation spéciale du préfet. Les rails seront compris dans un *pavage* (3) de vingt centimètre (0 m. 20) d'épaisseur, qui règnera dans l'entre-rails, et à cinquante centimètres (0 m. 50) au moins de chaque côté, conformément aux dispositions prescrites par le préfet, sur la proposition du concessionnaire, qui restera chargé d'établir à ses frais le *pavage.*

La chaussée *pavée* (4) de la voie publique sera d'ailleurs conservée ou établie avec des dimensions telles qu'en dehors de l'espace occupé par le matériel du tramway (toutes saillies com-

(1) En général, 40 mètres pour le cas de voies ferrées exploitées au moyen de locomotives, et 20 mètres pour les lignes à traction de chevaux.

(2) En général 40 millièmes.

(3) Ou dans un empierrement, suivant la nature, la fréquentation de la chaussée dont il s'agit, sa situation en rase campagne ou en traverse, etc.

(4) Ou empierrée.

prises), il reste une largeur libre de chaussée d'au moins deux mètres soixante centimètres (2 m. 60), permettant à une voiture ordinaire de se ranger pour laisser passer le matériel du tramway avec le jeu nécessaire.

Un intervalle libre d'au moins un mètre dix centimètres (0 m. 10) de largeur sera réservé, d'autre part, entre le matériel de la voie ferrée (toutes saillies comprises) et la verticale de l'arête extérieure de la plate-forme de la voie publique.

Art. 7.

Etablissement de la voie ferrée. Parties non accessibles aux voitures ordinaires. — Si la voie ferrée est établie sur un accotement qui, tout en restant accessible aux piétons, sera interdit aux voitures ordinaires, elle reposera sur une couche de ballast exclusivement composé de pierre cassées (1) de........ de largeur (2) et d'au moins trente cinq centimètres (0 m. 35) d'épaisseur totale, qui sera arasée de niveau avec la surface de l'accotement relevé en forme de trottroir.

La partie de la voie publique qui restera réservée à la circulation des voitures ordinaires présentera une largeur d'au moins *six mètres* (3), mesurée en dehors de l'accotement occupé par la voie ferrée et en dehors des emplacements qui seront affectés au dépôt des matériaux d'entretien de la route.

L'accotement occupé par la voie ferrée sera limité, du côté de la route, au moyen d'une bordure d'au moins douze centimètres (0 m. 12) de saillie, d'une solidité suffisante ; dans les parties de routes et de chemins dont la déclivité dépassera trois centimètres par mètre (0 m. 03) cette bordure sera accompagnée et soutenue par un demi-caniveau pavé qui n'aura pas moins de trente centimètres (0 m.30) de largeur. Un intervalle libre de trente centimètres (0 m. 30) au moins sera réservé entre la verticale de

(1) Ou du *gravier*, suivant la nature, la fréquentation de la chaussée dont il s'agit, sa situation en rase campagne ou en traverse, etc.

(2) Largeur égale à la largeur de la voie augmentée d'au moins 0 m. 80.

(3) Six mètres sont le minimum admissible pour une route nationale.

l'arête ce cette bordure et la partie la plus saillante du matériel de la voie ferrée ; un autre intervalle libre d'un mètre dix centimètres (1 m. 10) subsistera entre ce matériel et la verticale de l'arête extérieure de l'accotement de la route.

Les rails, qui à l'extérieur seront au niveau de l'accotement régularisé, ne formeront sur l'entre-rails que la saillie nécessaire pour le passage des boudins des roues du matériel de la voie ferrée.

Art. 8.

Traverses des villes et villages. — Dans les traverses des villes et villages, les voies ferrées devront, à moins d'une autorisation spéciale du préfet, être établies avec rails noyés dans la chaussée entre les deux trottoirs, ou du moins entre les deux zones à réserver pour l'établissement de trottoirs, et suivant le type décrit à l'article 6.

Le minimum des largeurs à réserver est fixé d'après les cotes suivantes :

A. Pour un trottoir, un mètre dix centimètres (1 m. 10);

B. Entre le matériel de la voie ferrée (partie la plus saillante) et le bord d'un trottoir :

1° Quand on réserve le sationnemement des voitures ordinaires, deux mètres soixante centimètres (2 m. 60) ;

2° Quand on supprime ce stationnement, trente centimètres (0 m. 30).

Art. 9.

Exécution des travaux. — Le déchet résultant de la démolition et du rétablissement des chaussées sera couvert par des fournitures de matériaux neufs de la nature et de la qualité de ceux qui sont employés dans lesdites chaussées.

Pour le rétablissement des chaussées pavées au moment de la pose de la voie ferrée, il sera fourni, en outre, la quantité de boutisses nécessaire afin d'opérer ce rétablissement suivant les règles de l'art, en évitant l'emploi des demi-pavés.

Les vieux matériaux provenant des anciennes chaussées remaniées ou refaites à neuf qui n'auront pas trouvé leur emploi dans la réfection seront laissés à la libre disposition du concessionnaire.

Les fers, bois et autres éléments constitutifs des voies ferrées devront être de bonne qualité et propres à remplir leur destination.

Art. 10.

Voies. — Les voies devront être établies d'une manière solide et avec des matériaux de bonne qualité.

Les rails seront en........... et du poids de........... kilogrammes au moins par mètre courant; ils seront posés sur (1).......

Art. 11 (2).

Gares et stations. — Les voitures devront s'arrêter en pleine voie pour prendre ou laisser des voyageurs et *des marchandises* sur tous les points du parcours, sauf sur les sections ci-dessous indiquées :

Le nombre et l'emplacement des gares, stations et haltes seront arrêtés lors de l'approbation des projets définitifs. Il est toutefois entendu dès à présent qu'il sera établi des stations ou des haltes pour le service des voyageurs, et *des gares pour la réception et la livraison des marchandises,* suivant les indications ci-après :

TITRE II

ENTRETIEN ET EXPLOITATION

Art. 12.

Entretien. — Sur les sections où la voie ferrée est accessible aux voitures ordinaires (sections à rails noyés dans la chaussée), l'entretien, qui est à la charge du concessionnaire, comprend le *pavage* (3) des entre-rails et de l'entre-voie, ainsi que des

(1) Les blancs laissés dans l'article 10 seront remplis suivant le type de voie, de supports, d'éclissage, d'entretoisement, etc.

(2) Cet article sera modifié dans le cas où l'on adoptera l'un des deux autres modes d'exploitation prévus par le règlement d'administration publique : arrêt en pleine voie sur tout le parcours, ou arrêts seulements à des gares, stations ou haltes déterminés.

(3) Ou l'empierrement.

zones de cinquante centimètres (0 m. 50) qui servent d'accotements extérieurs aux rails.

Une subvention de (1)........... *est allouée au concessionnaire sur les fonds d'entretien de la route* (2).............. *en raison de l'usure qui résultera de la circulation des voitures ordinaires sur la largeur de chaussée qui est affectée au service de la voie ferrée. Ce chiffre pourra être revisé tous les cinq ans.*

Art. 13.

Réfection des parties de routes ou de chemins atteintes par les travaux de la voie ferrée. — Lorsque, pour la construction ou la réparation de la voie ferrée, il sera nécessaire de démolir des parties pavées ou empierrées de la voie publique situées en dehors des zones ou de l'accotement indiqués ci-dessus, il devra être pourvu par le concessionnaire à l'entretien de ces parties pendant une année à dater de la réception provisoire des travaux de réfection; il en sera de même pour tous les ouvrages souterrains.

Art. 14.

Nombre minimum des voyages. — Le nombre minimum des voyages qui devront être faits tous les jours, dans chaque sens, *sur la ligne entière*, est fixé à.........

Art. 15.

Limitation de lu vitesse et de la longueur des trains. — Les trains se composent de............. voitures au plus, et leur longueur totale ne dépassera pas........

La vitesse des trains en marche sera au plus de....... kilomètres l'heure (3).

(1) Subvention à fixer dans chaque cas particulier.

(2) Ou du chemin.

(3) Au terme des articles 30 et 33 du règlement d'administration publique sur les lignes de tramways à traction mécanique, la longueur des trains ne peut, en aucun cas, dépasser 60 mètres et la vitesse ne peut excéder vingt kilomètres à l'heure. L'article 15 a pour but de permettre à l'autorité concédante de réduire les maxima lorsqu'elle le croira néeessaire.

TITRE III

DURÉE ET DÉCHÉANCE DE LA CONCESSION

Art. 16.

Durée de la concession. — La durée de la concession du réseau (1) mentionné à l'article 2 du présent cahier des charges commencera à courir de la date du décret d'autorisation, et elle prendra fin le.....

Art. 17.

Expiration de la concession. — A l'époque fixée pour l'expiration de la concession, et par le seul fait de cette expiration, l'Etat sera subrogé à tous les droits du concessionnaire sur la voie ferrée et ses dépendances, et il entrera immédiatement en jouissance de tous ses produits. Le concessionnaire sera tenu de lui remettre en bon état d'entretien la voie ferrée et tous les immeubles faisant partie du domaine public qui en dépendent. Il en sera de même de tous les objets immobiliers dépendant de ladite voie, tels que les barrières et clôtures, les changements de voies, plaques tournantes, réservoirs d'eau, grues hydrauliques, machines fixes, bureaux d'attente et de contrôle, etc.

Dans les cinq dernières années qui précédront le terme de la concession, l'Etat aura le droit de saisir les revenus du tramway et de les employer à rétablir en bon état la voie ferrée et ses dépendances, si le concessionnaire ne se mettait pas en mesure de satisfaire pleinement et entièrement à cette obligation.

En ce qui concerne les objets mobiliers tels que le matériel roulant, le mobilier des stations, l'outillage des ateliers et des gares, l'*Etat* se réserve le droit de les reprendre en totalité ou pour telle partie qu'il jugera convenable, à dire d'experts, mais sans pouvoir y être contraint. La valeur des objets repris sera payée au concessionnaire dans les six mois qui suivront l'expiration de la concession et la remise du matériel à l'*Etat*.

(1) Ou de la ligne.

L'*Etat* sera tenu, si le concessionnaire le requiert, de reprendre en outre les matériaux, combustibles et approvisionnements de tout genre sur l'estimation qui en sera faite à dire d'experts ; et, réciproquement, si l'*Etat* le requiert, le concessionnaire sera tenu de céder ces approvisionnements de la même manière. Toutefois l'*Etat* ne pourra être obligé de reprendre que les approvisionnements nécessaires à l'exploitation du tramway pendant six mois,

Les dispositions qui précèdent ne sont applicables qu'au cas ou le *Gouvernement* déciderait que les voies ferrées doivent être maintenues en tout ou en partie.

Art. 18.

Remise des lieux dans l'état primitif. — Dans le cas ou le *Gouvernement* déciderait, au contraire, que les voies ferrées doivent être supprimées en tout ou en partie, ces voies seront enlevées et les lieux seront remis dans l'état primitif par les soins et aux frais du concessionnaire sans qu'il puisse prétendre à aucune indemnité.

Art. 19.

Rachat de la concession. — L'Etat aura toujours le droit de racheter la concession. Si le rachat a lieu avant l'expiration des *quinze* premières années de l'exploitation, il se fera conformément au paragraphe 3 de l'article 11 de la loi du 11 juin 1880. Ce terme de *quinze* ans sera compté à partir de la mise en exploitation effective du *réseau entier*, ou au plus tard à partir de la fin du délai qui est fixé dans l'article 3 du présent cahier des charges, sans tenir compte des retards qui auraient eu lieu dans l'achèvement des travaux.

Si le rachat de la concession entière est réclamée par l'*Etat* après l'expiration des *quinze* premières années de l'exploitation, on réglera le prix du rachat, en relevant les produits nets annuels obtenus par le concessionnaire pendant les *sept* années qui auront été payées à titre de subvention ; on en déduira les produits nets des *deux* plus faibles années, et l'on établira le produit net moyen des cinq autres années.

Ce produit net moyen formera le montant d'une annuité, qui

sera due et payée au concessionnaire pendant chacune des années restant à courir sur la durée de la concession.

Dans aucun cas, le montant de l'annuité ne sera inférieur au produit net de la dernière des sept années prises pour terme de comparaison.

Le concessionnaire recevra en outre, dans les six mois qui suivront le rachat, les remboursements auxquels il aurait droit à l'expiration de la concession, suivant le quatrième et le cinquième paragraphe de l'article 17, la reprise de la totalité des objets mobiliers étant, ici, obligatoire dans tous les cas pour l'*Etat*.

Le concessionnaire ne pourra élever aucune réclamation dans le cas où, par suite d'un changement dans le classement des routes et chemins empruntés par la voie ferrée, une nouvelle autorité serait substituée à celle de qui émane la concession.

La nouvelle autorité aura les mêmes droits que celle qui a fait la concession.

Art. 20.

Déchéance. — Si le concessionnaire n'a pas remis au préfet tous les projets, ou s'il n'a pas commencé les travaux dans les délais fixés par l'article 3, il encourra la déchéance qui, après mise en demeure, sera prononcée par le ministre des Travaux publics, sauf recours au Conseil d'État par la voie contentieuse.

Dans ces deux cas, la somme qui aura été déposée, ainsi qu'il sera dit à l'article 38, à titre de cautionnement, deviendra la propriété de l'*État* et lui restera acquise.

Art. 21.

Achèvement des travaux en cas de déchéance. — Faute par le concessionnaire d'avoir poursuivi et terminé les travaux dans les délais et conditions fixés par l'article 3, faute aussi par lui d'avoir rempli les diverses obligations qui lui sont imposées par le règlement d'administration publique du 6 août 1881, ainsi que par le présent cahier des charges, et dans le cas prévu par l'article 10 de la loi du 11 juin 1880, il encourra, soit la perte partielle de son cautionnement dans les conditions qui seraient

prévues par l'acte de concession, soit la perte totale de ce cautionnement, soit la déchéance. Dans tous les cas, il sera statué par le ministre des Travaux publics, après mise en demeure, sauf recours au Conseil d'État par la voie contentieuse. Dans les deux premiers cas, le cautionnement devra être reconstitué dans le mois de la décision ministérielle.

Art. 22.

Cas de force majeure. — Les dispositions des deux articles qui précèdent ne seraient pas applicables, et la déchéance ne serait pas encourue, dans le cas où le concessionnaire n'aurait pu remplir ses obligations par suite de circonstances de force majeure dûment constatées.

TITRE IV

TAXES ET CONDITIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES VOYAGEURS ET DES MARCHANDISES.

Art. 23.

Droits à prévoir. — Pour indemniser le concessionnaire des travaux et dépenses qu'il s'engage à faire par le présent cahier des charges, et sous la condition expresse qu'il en remplira exactement toutes les obligations, il est autorisé à percevoir, pendant toute la durée de la concession, les droits de péage et les prix de transport déterminés d'autre part.

Art. 28.

Dans le cas où le concessionnaire jugerait convenable, soit pour le parcours total, soit pour les parcours partiels de la voie de fer, d'abaisser, avec ou sans conditions, au-dessous des limites déterminées par le tarif les taxes qu'il est autorisé à percevoir, les taxes abaissées ne pourront être relevées qu'après un délai de trois mois au moins pour les voyageurs et d'un an pour les marchandises.

Toute modification de tarif proposée par le concessionnaire sera annoncée un mois d'avance par des affiches.

La perception des tarifs modifiés ne pourra avoir lieu qu'avec l'homologation du *ministre des Travaux publics* (1), conformément aux dispositions de la loi du 11 juin 1880.

La perception des taxes devra se faire indistinctement et sans aucune faveur.

Tout traité particulier qui aura pour effet d'accorder à un ou plusieurs expéditeurs une réduction sur les tarifs approuvés demeure formellement interdit.

Toutefois, cette disposition n'est pas applicable aux traités qui pourraient intervenir entre le Gouvernement et le concessionnaire dans l'intérêt des services publics, ni aux réductions ou remises qui seraient accordées par le concessionnaire aux indigents.

En cas d'abaissement des tarifs, la réduction portera proportionnellement sur le péage et sur le transport.

TITRE V

STIPULATIONS RELATIVES A DIVERS SERVICES PUBLICS

Art. 35.

Fonctionnaires ou agents du contrôle. — Les fonctionnaires ou agents chargés de l'inspection, du contrôle et de la surveillance de la voie ferrée sont transportés gratuitement dans les voitures de voyageurs.

Art. 36.

Service des postes. — Le concessionnaire sera tenu de recevoir dans ses voitures, aux heures des départs réguliers, les sacs de dépêches de la poste escortés ou non d'un convoyeur. Les sacs seront déposés dans un coffre fermant à clef. Un convoyeur aura droit à une place réservée aussi près que possible de ce coffre.

(1) Ou du préfet, si la concession n'est pas donnée par l'*Etat*.

L'administration des postes aura, en outre, le droit de fixer aux voitures de l'entreprise, une boîte aux lettres, dont elle fera opérer la pose et la levée par ses agents.

Les prix des transports ci-dessus seront payés par l'administration des postes conformément aux tarifs homologués, sauf dans le cas où l'Etat se serait engagé à fournir au concessionnaire une subvention par annuité. Dans ce cas, les sacs de dépêches et les convoyeurs devront être transportés gratuitement.

Le concessionnaire pourra être tenu de fixer, d'après les convenances du service des postes, l'heure d'un de ses départs dans chaque sens.

Le montant des dépenses supplémentaires de toute nature que ce service spécial aura imposées au concessionnaire, déduction faite du produit qu'il aura pu en retirer, lui sera payé par l'administration des postes, que l'entreprise soit subventionnée ou non par le Trésor, suivant le règlement qui en sera fait de gré à gré ou par deux arbitres. En cas de désaccord de ces arbitres, un tiers arbitre sera désigné par le conseil de préfecture.

TITRE VI

CLAUSES DIVERSES

Art. 37.

Frais de contrôle. — La somme que le concessionnaire doit verser chaque année à la date du..... afin de pourvoir aux frais du contrôle, sera calculée d'après le chiffre de (1)..... par kilomètre de voie concédée.

Le premier versement aura lieu le..... à la caisse du.....

Art. 38.

Cautionnement. — Avant la signature de l'acte de concession,

(1) Les frais de contrôle ont été fixés dans plusieurs concessions déjà données, à la somme annuelle de cinquante francs (50 fr.) par kilomètre, payables à compter de la date du décret de concession, tant pour la période de construction que pour la période d'exploitation.

le concessionnaire déposera à la Caisse des dépôts et consignations une somme de..... en numéraire ou en rente sur l'Etat calculée conformément au décret du 31 janvier 1872, ou en bons du Trésor, avec transfert, au profit de ladite Caisse, de celles de ces valeurs qui seraient nominatives ou à ordre.

Cette somme formera le cautionnement de l'entreprise. Les *quatre cinquièmes* en seront rendus au concessionnaire par *cinquième* et proportionnellement à l'avancement des travaux. Le dernier *cinquième* ne sera remboursé qu'après l'expiration de la concession.

Art. 39.

Election de domicile. — Le concessionnaire devra faire élection à..... Dans le cas où il ne l'aurait pas fait, toute notification ou signification à lui adressée sera valable lorsqu'elle sera faite au *secrétariat général de la préfecture* (1).....

Art. 40.

Les contestations qui s'élèveraient entre le concessionnaire et l'administration, au sujet de l'exécution et de l'interprétation des clauses du présent cahier des charges seront jugées administrativement par le Conseil de préfecture du département de.....

Art. 41.

Frais d'enregistrement. — Les frais d'enregistrement du présent cahier des charges et de la convention ci-annexée seront supportés par le concessionnaire.

CIRCULAIRE DU 28 FÉVRIER 1894.

Monsieur le Préfet,

L'article 5 du règlement d'administration publique du 6 août 1881, concernant l'établissement et l'exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques, dispose, en son

(1) Ou au secrétariat de la mairie de.....

dernier alinéa, que, si l'emplacement occupé par la voie ferrée reste accessible et praticable pour les voitures ordinaires, les rails seront à gorge ou munis de contre-rails.

Depuis 1881, l'expérience a permis de reconnaître que l'emploi des rails à gorge ou des contre-rails n'est surtout utile que dans les chaussées pavées. Dans les chaussées empierrées, il peut présenter plus d'inconvénients que d'avantages, parce qu'il se produit le long du contre-rail une ornière qui double l'ornière ménagée pour le passage des roues du tramway. Si l'on a soin de maintenir la chaussée, sur tout l'emplacement du tramway, au niveau des bords supérieurs des champignons, les simples rails peuvent être compatibles avec la commodité de la circulation terrestre. Telle a été l'opinion du Conseil général des ponts et chaussées, appelé à examiner la question.

Le Conseil d'État a également reconnu que, tout en laissant subsister la règle générale, inscrite dans l'article 5 du décret du 6 août 1881, il convenait de donner à l'administration la faculté d'en dispenser le concessionnaire, à titre révocable, sur tout ou partie des voies publiques dont le sol est emprunté par la voie ferrée.

En conformité de cet avis a été rendu le décret du 30 janvier dernier, dont une copie est ci-jointe.

Afin d'assurer l'exécution de ce décret, il conviendra, lorsque mon administration sera saisie d'un avant-projet de tramway à établir sur le sol des voies publiques, d'indiquer d'ores et déjà les parties de ces voies sur lesquelles les rails à gorge ou les contre-rails ne seront pas exigés. Au cas où il serait à prévoir que, sur quelques parties des voies publiques, l'emploi des rails à gorge ou à contre-rails pourrait être ultérieurement reconnu nécessaire, il conviendrait de tenir compte de cette éventualité dans la détermination du maximum des travaux complémentaires.

J'adresse copie de la présente circulaire à MM. les ingénieurs.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des Travaux publics,
JONNART.

21.

Décret.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des Travaux publics ;

Vu la loi du 11 juin 1880 et notamment l'article 38 ;

Vu le décret du 6 août 1881, portant règlement d'administration publique pour l'établissement et l'exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques, et notamment l'article 5 ;

Vu l'avis du Conseil général des ponts et chaussées, en date du 27 juin 1892 ;

Le Conseil d'État entendu,

Décrète :

Art. 1er.

L'article 5 du décret susvisé, du 6 août 1881, est complété par la disposition suivante :

« Toutefois, l'administration peut, à titre révocable, dispenser « le concessionnaire de poser les rails à gorge ou des contre- « rails sur tout ou partie des voies publiques dont le sol est « emprunté par la voie ferrée. »

Art. 2.

Le ministre des Travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 30 janvier 1894.

Signé : CARNOT.

Par le Président de la République :

Le Ministre des Travaux publics,

JONNART.

Exemple de mémoire descriptif joint à une demande en concession

DÉPARTEMENT DE LA SEINE

TRAMWAYS ÉLECTRIQUES A CONDUCTEUR SOUTERRAIN

Ligne de la gare de Sevrain (Cie de l'Est) à la gare Saint-Lazare (Cie de l'Ouest).

AVANT-PROJET

Dressé en conformité des prescriptions du décret du 18 mai 1881

MÉMOIRE

La ligne de tramway à traction électrique de la gare de Sevrain (Cie de l'Est), à la gare Saint-Lazare (Cie de l'Ouest) a pour but de relier au centre de Paris et à la gare Saint Lazare, la banlieue nord-est de Paris encore si peu favorisée au point de vue des moyens de transport rapides et économiques.

CHAPITRE I

§ 1. — DESCRIPTION DU TRACÉ.

La ligne projetée aura son origine à la gare de Sevrain. Elle se terminera dans Paris à l'extrémité de la rue du Havre, près de la gare Saint-Lazare.

D'une longueur totale de 12 k. 494 m., elle suivra les voies indiquées dans le tableau suivant :

Désignation des parties de la ligne.	Longueurs.	Voies publiques suivies.
Du pt origine au pt 2.058 00	2.058 00	Route départementale n° 27.

Elle empruntera sur une partie de son parcours la ligne de la Place de la République à Gennevilliers qui ne saurait du reste, être considérée autrement que comme une section de la ligne de pénétration qui fait l'objet du présent avant-projet.

Les régions qu'elle desservira se trouvent mentionnées dans le tableau ci après. Hors de Paris, ce sont, d'abord la commune de Sevrain qui ne se trouve reliée à Paris que par le chemin de fer de l'Est, et ensuite les communes de Pantin et d'Asnières qui ne sont traversées que par un omnibus de banlieue tout à fait insuffisant. A l'intérieur de Paris, ce sont les 15e et 19e arrondissements, dont la population particulièrement dense et laborieuse n'a à sa disposition qu'un nombre très réduit de lignes d'omnibus, et ensuite les arrondissements du centre où le développement de l'activité parisienne atteint son maximum.

Désignation des parties de la ligne.	Longueurs.	Régions desservies.
Du pt origine au pt 2.000 00	2.000 00	Commune de Sevrain.

Le choix du tracé a fait l'objet d'une étude très attentive, de manière que le tramway projeté ne fasse double emploi avec aucun de ceux existants.

Mais, si le tracé choisi ne reste parallèle, sur une longueur appréciable, à aucune ligne d'omnibus ou de tramway actuellement en service, par contre, il en coupe un très grand nombre. Il sera ainsi possible aux voyageurs de rayonner dans toutes les directions ou, au contraire, d'affluer des divers points de Paris vers le tramway.

Le tableau suivant sur lequel se trouvent mentionnées les lignes d'omnibus et de tramways rencontrées fait nettement ressortir l'utilité de la ligne projetée :

Points de rencontre.	Désignation des lignes rencontrées.
Porte de Malakoff.	Malakoff—Place de la République.

§ 2. — DISPOSITION DE LA LIGNE.

La ligne projetée comprendra trois sections.

Dans la première section comprise entre la gare de Sevrain et Malakoff, la ligne sera à une seule voie. Des garages seront seulement ménagés en certains points pour permettre le croisement des voitures, de la même manière que cela a lieu dans la partie *extra muros* du tronçon de Malakoff à la Place de la Bourse. La position de ces garages est indiquée dans le tableau suivant sur lequel se trouvent également mentionnés les garages situés dans Malakoff et Pantin et la station terminus de la gare Saint-Lazare.

Nos d'ordre.	Position kilo-métrique.	Désignation des garages et stations.	Distance entre les garages et stations.
		Distance de l'origine de la ligne au garage n° 1...........................	50 65

D'abord placée dans l'axe de la chaussée de la route départementale n° 23, du point *a* au point *b* entre lesquels la largeur sera uniformément portée à 7 m. 50, la voie sera reportée sur le côté droit de la chaussée à partir de ce dernier point afin de ménager une largeur minima de 2 m. 60 entre le gabarit du matériel roulant et la bordure du trottoir opposé. Elle conservera cette position jusqu'au point *d*. Entre les points *d* et *e*, elle traversera la chaussée pour se raccorder en *h* à la partie actuellement en construction. La double voie de la partie intramuros de ce tronçon se continuera sur la 3e section comprise entre la Place de la Bourse et la gare Saint-Lazare, sauf sur une faible longueur dans une partie encore très étroite de la rue du 4 Septembre.

L'exploitation de la ligne électrique étant différente de celle adoptée par la Cie Générale des omnibus, les voies de cette compagnie n'ont pas été empruntées sur le faible parcours qui sépare le boulevard des Italiens de la rue Montmartre afin que les deux services ne puissent s'entraver mutuellement.

La traversée de la Place de la Bourse pouvant être effectuée suivant deux tracés équivalents au point de vue de la longueur, des déclivités et des traversées de voies existantes, les deux ont été figurés sur le plan de traverse spécial de cette place.

Le tramway sera construit avec voie de 1 m. 44 entre les bords intérieurs des rails. Ceux-ci seront noyés au niveau du sol, sans saillie ni dépression. Ils seront placés de telle façon que le profil des voies suivies ne soit altéré en aucun sens. Un pavage en bois ou grès occupera l'entre-voie et s'étendra sur une zone de 0 m. 70 de largeur minima de chaque côté de la voie.

Comme cela a lieu dans l'avenue Malakoff, entre les points *k* et *l* situés dans la rue Auber, l'entre-voie normal de 1 m. 06 sera porté à 2 m. 50 pour éviter les refuges à candélabres.

Aux deux extrémités de la ligne, une plaque tournante placée sur une voie unique desservie par un aiguillage, permettra d'effectuer le retouruement des voitures qui viendront ensuite se ranger le long du trottoir, en des points où elles ne gêneront nullement la circulation étrangère.

Une troisième plaque tournante, celle située à l'extrémité du garage n° 7, point extrême de la section en construction, permettra le retournement des voitures en ce point, soit pour les diriger sur Sevrain, soit pour assurer le service entre ce garage et Paris.

Il résulte de l'examen du tableau ci-après qu'aucun courbe n'aura un rayon inférieur à 30 mètres.

L'alignement le plus court entre deux courbes de sens contraire sera de 3 m 20, longueur supérieure à celle de 2 m. 55 qui a été admise pour la partie en construction.

Désignation et points extrêmes des alignements droits et des courbes de raccordement.	Longueurs.		Angles des alignements adjacents.	Rayons des courbes.	Longueurs des tangentes.
	des alignements.	des courbes.			
Du pt origine au pt 255 00. Alignt drt.	255 00				

En ce qui concerne le profil en long de la ligne, le tableau ci-après fait ressortir que les déclivités les plus fortes seront comprises entre 0.0483 et 0.0527 par mètre. Ces déclivités dépassent légèrement le maximum de 0.0450 admis pour le tronçon de Pantin à la Place de la Bourse, mais il y a lieu de remarquer, d'abord qu'elles ne s'étendent que sur une faible longueur de 22 m. 15 entre Sevrain et Pantin et ensuite que les moteurs électriques permettent de les franchir facilement, puisque nombre de lignes électriques existantes présentent des déclivités de 0 m. 100 par mètre.

Désignation et points extrêmes des déclivités.	Pentes.			Rampes.		
	Longueurs.	Pentes par mètre.	Abaissements.	Longueurs.	Rampes par mètre.	Élévations.
Du pt origine au pt 110 75 Pente	M. 110 75	0 0111	1 25	»	»	»

Au point de vue de la place à occuper dans les rues par le matériel roulant du tramway projeté, il suffit d'examiner les profils en travers applicables pour reconnaître que toutes les prescriptions relatées dans le cahier des charges de la partie comprise entre Pantin et Paris se trouvent satisfaites.

A l'extérieur de Paris, le gabarit du matériel roulant qui sera de 2 m. 00 de largeur au maximum, passera au moins à 0 m. 30 de la bordure des trottoirs, laissant sur toute cette partie, entre lui et l'autre bordure, une largeur minima de 2 m. 60 pour le stationnement des voitures ordinaires.

A l'intérieur de Paris, ce gabarit passera à 1 m. 10 au moins de la bordure des trottoirs, sauf cependant aux extrémités de la voie unique où cette distance sera réduite à 0 m. 35 et 0 m. 60. Mais, pour les raisons exposées plus haut, un tel état de chose ne saurait être considéré comme définitif.

Si le tracé adopté est celui contournant la place de la Bourse au sud-ouest, à l'angle de la rue du 4 Septembre, entre les points *b* et *c*, la bordure du trottoir devra être déplacée suivant

la ligne figurée en pointillé sur le plan de traverse, afin de laisser entre elle et le gabarit la largeur de 1 m. 10. Toutefois, si l'Administration le juge convenable, cette largeur pourra être réduite à 0 m. 30.

§ 3. — MODE D'EXPLOITATION.

Le service du tramway sera assuré par des voituses automobiles marchant à la vitesse maxima de 12 kilomètres à l'heure au moyen de moteurs électriques et pouvant, au besoin, sur certaines parties, en leur parcours, remorquer une voiture d'attelage. Ces voitures pourront s'arrêter en pleine voie pour prendre et laisser des voyageurs, sauf dans les courbes de petit rayon et les grandes déclivités.

Dans la partie extra-muros, les garages ménagés de distance en distance permettront le croisement des voitures marchant en sens opposé sans occasionner un ralentissement appréciable de la vitesse normale.

Entre la gare de Sevrain et Pantin, 75 départs dans chaque sens auront lieu chaque jour. Or, le cahier des charges de la partie comprise entre la place de la Bourse et Pantin imposant 150 départs par jour dans chaque sens sur cette partie du parcours, il sera facile d'obtenir 75 départs sur la section de Sevrain, en conduisant jusqu'à la gare de Sevrain une voiture sur deux de celles qui feront le service entre Pantin et Paris.

Entre Pantin et la place de la Bourse, le service sera celui prescrit par le cahier des charges précité, et avec lequel il se confondra.

Entre la place de la Bourse et la gare Saint-Lazare, le nombre des départs sera au moins de 150 par jour, comme entre cette même place et Pantin.

En aucun cas un train ne comportera plus d'une voiture automobile remorquant une voiture d'attelage.

CHAPITRE II

Evaluation sommaire des dépenses.

Les dépenses d'installation de la ligne se trouvent détaillées dans le tableau suivant :

Indications des travaux et fournitures.	Quantités.	Prix de l'unité.	Dépenses.		
			par article.	par sous-chapitre.	par chapitre.
Chapitre I. — Voie.					

En admettant qu'une durée de concession de cinquante ans soit accordée pour la ligne dont il s'agit, le montant de l'intérêt annuel de l'annuité devant assurer l'amortissement du capial de premier établissement pendant ce laps de temps, s'élèvera au taux de 5 p. 100 à la somme de 82.400 francs.

A cette somme, il y a lieu d'ajouter les frais d'exploitation. Or, en évaluant ceux-ci à 0 fr. 55 par voiture kilomètre, les frais d'exploitations annuels s'élèveront à la somme de 271.150 francs pour une moyenne de 493.000 voitures kilomètres.

Dans cette somme de 271.150 francs figurent, bien entendu, les frais de traction proprement dits, les frais de trafic, de contrôle et de direction, l'entretien des voies et du matériel, les impôts et les frais généraux.

Le montant total des dépenses annuelles se trouvera donc égal à la somme de 353.550 francs.

CHAPITRE III

Trafic et recettes probables.

Les tarifs applicables sur la ligne du tramway projeté seront ceux indiqués dans le tableau suivant.

	1re Cl. F. C.	2e Cl. F. C.
Entre la gare de Sevrain et Pantin (garage n° 7).	0 15	0 10
Entre Pantin (garage n° 7) et Asnières..........	0 10	0 05
Entre Asnières et Paris (octroi)................	0 10	0 05
Entre la gare de Sevrain et Paris (octroi)........	0 30	0 15
Entre Paris (octroi) et la gare Saint-Lazare......	0 20	0 10

Les enfants au-dessous de quatre ans, tenus sur les genoux, seront transportés gratuitement.

Il en sera de même des bagages et paquets peu volumineux susceptibles d'être portés sur les genoux, sans gêner les voisins et dont le poids n'excédera pas 10 kilogrammes.

Les sous-officiers et soldats en uniforme auront droit aux places de 1re classe en payant le prix de la 2e classe.

Sur la section comprise entre la gare de Sevrain et Pantin (garage n° 7), le nombre des départs devant être de 75 par jour dans chaque sens, le nombre des voyageurs transportés sur cette section peut être évalué à 400.000 par an.

Le service entre la place de la Bourse et la gare Saint-Lazare devant comporter 150 départs par jour dans chaque sens, le nombre des voyageurs transportés peut être évalué à 3.400.000 sur cette section.

On peut, par suite, admettre que les recettes s'élèveront à la somme de 540.000 francs.

Or les dépenses devant atteindre la somme de 353.550 francs l'exploitation des sections considérées de la ligne projetée donnera lieu à un bénéfice annuel de 186.450 francs correspondant à environ 12 p. 100 du capital engagé.

CHAPITRE IV

Conditions particulières.

§ 1. Genre de service. — Le tramway de la gare de Sevrain à la gare Saint-Lazare sera affecté sur toute sa longueur, au transport des voyageurs et, éventuellement, des messageries ou petits colis.

§ 2. Mode d'exploitation. — Les voitures devront s'arrêter à

des arrêts fixes, indiqués par des poteaux, le long de la ligne. Ces arrêts fixes seront multipliés autant que possible de façon à donner entière satisfaction au public.

§ 3. Minimum du rayon des courbes. — Sur toute la longueur du tracé, les rayons des courbes ne descendront pas au-dessous de 30 mètres.

§ 4. Maximum des déclivités. — La plus grande déclivité sera de 0 m. 0527 entre Sevrain et Pantin et de 0 m. 0169 entre la place de la Bourse et la gare Saint-Lazare.

§ 5. Mode de traction. — Les voitures seront automobiles. Elles seront actionnées par des moteurs électriques placés entre les essieux. Ces moteurs recevront le courant électrique produit dans l'usine d'Asnières; le courant passera du cable principal dans les cables des caniveaux.

§ 6. Largeur maxima du matériel roulant. — La largeur maxima du matériel roulant, toutes saillies latérales comprises sera de deux mètres.

§ 7. Minimum de la distance du tramway a la bordure des trottoirs. — La distance minima du gabarit du matériel roulant à la bordure des trottoirs sera de 1 m. 10 dans Paris sauf dans le rétrécissement de la rue du 4 Septembre, où elle descendra à 0 m. 35. A l'extérieur de Paris, elle sera de 0 m. 30.

§ 8. Maximum de la longueur des trains. — Les trains seront composés au plus de deux voitures. Leur longueur maxima sera de vingt mètres.

§ 9. Vitesse. — La vitesse des trains ne pourra dépasser 15 k. m. à l'extérieur de Paris et 12 k. m. à l'intérieur.

§ 10. Nombre minimum des trains — Le nombre minimum des départs sera de 75 par jour dans chaque sens entre la gare de Sevrain et Pantin. Entre la place de la Bourse et la gare Saint-Lazare, il sera de 150 par jour dans chaque sens comme entre Pantin et la place de la Bourse.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE.... 3

INTRODUCTION...................................... 5

PREMIÈRE PARTIE

Etude d'une ligne de tramways électriques à moteurs alimentés par une source d'électricité extérieure à la voiture.

Tracé, 7. — *Voie*, 13. — Voie Marsillon, 14. — Voie Broca, 15. — Voie Phénix, 16. — Voie Vignole, 16. — Voie avec rails à double champignon, 17. — Rails Gowans, 18. — Éclissages, 19. — Canalisation, 24. — Ligne aérienne, 32. — Canalisation de retour, 36. — Voitures, 37. — *Accessoires de voitures*, 43. — Freins, 43. — Sablières, 48. — Eclairage, 49. — Chauffage, 50. — *Moteurs*, 51. — *Régulateurs*, 63. — Prise de courant, 69. — *Usine génératrice*, 73. — Calcul de la puissanee de l'usine, 73. — Générateurs, 75. — Machine à vapeur, 76. —Machines électriques, 79. — Tableau, 80. — *Exploitation* 83

DEUXIÈME PARTIE

Description des différents systèmes de traction électrique.

CANALISATION AÉRIENNE, 89. — Tramways électriques de Royat à Clermont-Ferrand......... 83

Tramways de la compagnie l'Industrie électrique, 92. — Ligne aérienne, 92. — Stations génératrices, 94. — Voitures, 94. — Tramways de Genève, 100. — Tramways de Lyon à Ecully, 103. Tramway électrique de Stansstad-Stans, 104. — Tramways de Chavornay-Orbe, 104. — Chemin de fer électrique de Salève. 104

Tramways système Thomson-Houston, 106. — Ligne aérienne, 109. — Stations génératrices, 109. — Voitures, 109. — Tramways de Bordeaux-Bouscat au Vigean, 116. — Tramways de Lyon à Oullins, 116. — Tramways électriques du Havre, 117. — Tramways électriques de Rouen 102

Tramways de la Compagnie de Fives-Lille, 119. — Machines génératrices, 119. — Voitures....... 120

Tramways des ateliers de construction d'Œrlikon, 124. — Tramways de Marseille............ 127

Canalisation souterraine, 132. — Système Hylroyd Smith, 133. — Système Siemens et Halske, 134. — Système Hœrde, 135. — Système Thomson-Houston, 137. — Système Love..... 138

Canalisation au niveau du sol, 139. — Système Claret et Villeumier, 139. — Tramways de la Place de la République à Romainville, 143. — Système Westinghouse, 157. — Système Diatto..... 164

Tramways a accumulateurs.......... 165

Chemins de fer électriques......... 170

Voitures électriques 176

Traction sur l'eau...... 180

Tramways à courants triphasés....................... 181

TROISIÈME PARTIE

Considérations générales.

Prix de la traction électrique, 182. — Prix de premier établissement, 182. — Lignes aériennes, 182. — Canalisations souterraines, 184. — Canalisations au niveau du sol, 185. — Tramways à accumulateurs, 185. — Prix de revient de la traction, 185. — Prix de la traction par les différents systèmes, 187. — Effets d'électrolyse sur les conduites voisines des tramways. 197

QUATRIÈME PARTIE

Règlements d'administration publique réglementant l'installation et l'exploitation des tramways.

Loi du 11 juin 1880 relative aux chemins de fer d'intérêt local et aux tramways.................................... 193
Décret portant règlement d'administration publique sur la forme des enquêtes en matière de chemins de fer d'intérêt local et de tramways................................ 197
Décret portant règlement d'administration publique pour l'exécution de l'article 38 de la loi du 11 juin 1880........ 203
Cahier des charges-type pour la concession des tramways, 230. — Circulaire du 28 février 1884................... ... 244
Exemple de mémoire descriptif joint à une demande en concession 247

Paris.— Typ. A. DAVY, 52, rue Madame. — *Téléphone*

EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE

BIBLIOTHÈQUE ÉLECTROTECHNIQUE

Ier volume : **Manuel d'Electricité industrielle**, par C. Tainturier, Ingénieur des Arts et Manufactures. 1 volume de 300 pages, 215 figures dans le texte. Prix : broché, 6 fr. Cartonné .... 6 fr. 50

IIe volume : **L'Electro-Aimant et l'Electro-Mécanique**, par Silvanus P. Thomson, traduit de l'anglais par E. Boistel, Ingénieur-électricien. 1 volume. 575 pages, 221 figures dans le texte. Prix : broché, 10 fr. Cartonné... 10 fr. 75

IIIe volume : **Les applications mécaniques de l'Energie électrique**, Utilisation mécanique de l'énergie électrique des réseaux de distribution pendant la journée. Renseignements pratiques sur l'installation et l'exploitation, par J. Laffargue, ancien directeur de l'Usine municipale d'Electricité des Halles Centrales de la ville de Paris, licencié ès sciences physiques, Ingénieur électricien. 1 volume de 365 pages et 320 fig. dans le texte. Prix : broché, 6 fr. ; cartonné. 6 fr. 50
(Ce volume ne se vend qu'avec le suivant.)

IVe volume : **Les applications mécaniques de l'Energie électrique**, par J. Laffargue. 2e partie. — **Installations particulières.** Utilisation mécanique de l'énergie électrique par installations séparées. Applications diverses dans les usines, dans les mines, dans la marine, à la campagne. Renseignements pratiques sur l'installation et l'exploitation. Broché. 10 fr. ; cartonné....... 10 fr. 75

Ve volume : **Les Transformateurs d'énergie électrique**, par P. Dupuy, Ingénieur-électricien. 1 volume, 450 pages et 150 figures dans le texte. Broché, 7 fr. Cartonné .... 7 fr. 50

VIe et VIIe volumes : **La Dynamo**, par Hawkins et Wallis, 2 volumes in-8e écu, 400 pages chacun et nombreuses gravures dans le texte. Traduit de l'anglais par E. Boistel. Brochés, 15 fr. Cartonnés .... 16 fr. 50

VIIIe, IXe et Xe volumes : **L'Eclairage électrique. — Traité pratique de montage et de conduite des installations d'éclairage électrique**, par François Miron, Ingénieur-électricien. Prix : Broché, 25 fr. 50. Cartonné. 28 fr.
(Les 3 volumes ne se vendent pas séparément.)

XIe volume : **La Traction électrique**, par C. Tainturier, Ingénieur-électricien. 1 volume de 260 pages et 103 gravures dans le texte. Prix : broché. 6 fr. »
Cartonné .... 7 fr. »

OUVRAGES DIVERS

Agenda-Memento de l'Electricien, par C. Tainturier, Ingénieur des Arts et Manufactures. 1 volume in-32, format de poche. Cartonné .... 2 fr. 50

L'Ouvrier Electricien (Guide manuel pratique de), par H. de Graffigny. 1 vol. 325 pag. et 144 grav. dans le texte. Prix : Broché .... 4 fr. »»
Cartonné .... 4 fr. 50

Les Automobiles, *Voitures, Tramways et petits véhicules.* — 1 vol. 320 pag. et 112 fig. dans le texte, par D. Farman, Ingénieur-mécanicien, avec une préface du baron de Zuylen, président de l'Automobile-Club de France. Prix. broché, 5 fr. ; cartonné .... 6 fr. »»

Leçons élémentaires d'Electricité et de Magnétisme, par Sylvanus Thompson. — 1 beau vol. d'environ 700 pages avec nombreuses gravures. Traduit de l'anglais. (*Paraîtra incessamment.*)

Manuel du mécanicien de chemin de fer, par P. Guédon, ingénieur, chef de dépôt principal de la traction mécanique à la Compagnie Générale des Omnibus de Paris. 1 vol. 334 p. et 131 fig. dans le texte. Prix : cartonné .... 5 fr.

Manuel pratique du conducteur d'Automobiles, par Y. Guédon, ingénieur civil, et P. Guédon, ingénieur chef de dépôt principal de la traction mécanique à la Compagnie Générale des Omnibus de Paris. Prix : broché. 5 fr.; cartonné...... 6 fr.



